

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Anyagtudomány

Hírmondó

147. évfolyam

2014/3. szám



Jó szerencsét!

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

TARTALOM

Vaskohászat

- 2 **J. Bian – W. Li – H. Mohrbacher:** Nióbiummal mikroötvözött növelt ütközési energiaelnyelő press hardening acél fejlesztése
- 11 **Móger R. – Farkas O.:** A nagyolvasztó aknarészében elhelyezkedő tapadványok hatása a gázkihasználásra

Öntészet

- 17 **R. Boehm – J. Asal – B. Münker:** Út a gazdaságos és károsanyag-kibocsátástól mentes öntészet felé
- 20 **Sélei A.:** Vékonyfalú, ferrites alapszövetű gömbgrafitos öntöttvas gyártása hőkezelés nélkül
- 25 **Dúl R. – Fegyverneki Gy.:** Könnyűfémöntvények hűtési technológiájának tervezése áramlás- és hőtani szimulációval

Fémkohászat

- 31 **Dobóczy I. – Iby Á.:** Kovácsolási technológia komplex fejlesztése a Teka Magyarország Zrt.-nél (MOFÉM)
- 34 **Németh T.:** Új PROPERZI alumínium durvahuzal gyártósort épített az INOTAL Zrt.
- 37 Szakmai Nap a HILTI Szerszám Kft. kecskeméti gyárában

Anyagtudomány

- 39 **Bálint A. – Májlinger K. – Szlancsik A.:** Fém gömbhéj erősítésű szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságai
- 45 **Svéda M. – Sycheva A. – Kovács J. – Rónaföldi A. – Roósz A.:** Forgó mágneses mező hatása a Sn-Cd peritektikus ötvözet kristályosodására

Hírmondó

- 49 Egy életpálya a fém jegyében
- 51 A Közép-európai Vaskultúra Egyesület Magyar Tagozatának tevékenysége, célkitűzése
- 53 A lengyel és magyar kohászok egyesületi együttműködésének 50 éve
- 54 VI. Őzdi Ipari Örökségvédelmi Konferencia
- 55 A Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés június 11-i taggyűlése
- 56 Emlékeztető az OMBKE 2014. április 23-i választmányi üléséről
- 57 Az OMBKE szakosztályainak beszámolója a 2010–2014 közötti munkáról
- 61 A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei 2014. május-június
- 62 Köszöntések
- 63 Nekrológok

Öntészet rovatunkat az 1950-ben indított és 1991-ben megszűnt önálló szaklap, a BKL Öntöde utódjának tekintjük.

FROM THE CONTENT

J. Bian – W. Li – H. Mohrbacher: Development of Niobium Alloyed Press Hardening Steel with Improved Properties for Crash Performance 1

Press hardening steel has become a much used material in car body manufacturing due to its excellent safety and lightweight potential. In some recent car models press hardening steel has reached already a weight share of more than 20% in the body structure while it is estimated that the share could reach even around 40% in the future. However conventional press hardening steel based on the alloying concept 22MnB5 was originally not designed for automotive application. In spite of the high strength level, conventional press hardening steel has low toughness due to the relatively high carbon content and its martensitic microstructure. Particularly important is the ductile-to-brittle transition temperature, which might lead to unexpected failure in cold climate regions. Furthermore, hydrogen embrittlement is a major concern in press hardening steel as previous results indicated that only a few ppm of hydrogen could induce delayed cracking. Generally it is important that impact energy can be absorbed by the material to avoid unexpected disintegration of the structure. This material capability is usually characterized by the toughness. All these characteristics have not yet been systematically investigated in press hardening steel. Consequently, no attempts have been done to optimize conventional press hardening steel for obtaining better toughness, lower ductile-to-brittle transition temperature and reduced sensitivity to hydrogen induced cracking.

A generally proven approach of improving the resistance against brittle failure in high strength steel is the refinement of microstructure, which can be efficiently achieved by Nb microalloying. This paper will introduce modified alloy designs for press hardening steel and explain fundamentally the metallurgical effects of Nb microalloying on the improvement of crack propagation resistance, bendability and delayed cracking behavior by hydrogen penetration in press hardening steel. The results reveal better toughness, improved bending behavior and increased resistance against hydrogen embrittlement.

Móger R. – Farkas O.: Effect of Blast Furnace Shaft Accretion for CO-efficiency 11

On the lining of the Blast Furnace accretion created has a harmful effect for burden descent, moreover has a negative effect for Blast Furnace energy balance. Finally CO₂-emission is increased because of accretion formation. Blast Furnace zones were examined where the accretion thickness has a significant effect for the BF gas stream. With the heat transfer model, the samples taken from the accretion and statistically analysing of typical operating parameters of the Blast Furnace, mathematical model was created in order to be determined the thickness of Blast Furnace shaft accretion and the affect of it on gas utilization.

R. Boehm – J. Asal – B. Münker: Der Weg zu einer wirtschaftlichen und emissionsfreien Gießerei 17

Auf dem Weg zu nachhaltigen, energie- und ressourceneffizienten Prozessen rücken die anorganischen Bindemittel in der Gießereibranche immer stärker in den Mittelpunkt von strategischen Entscheidungen. Dabei spielen ökonomische Aspekte eine entscheidende Rolle.

Sélei A.: Production of thin-walled ductile iron casting with ferrite matrix texture without heat treatment ... 20

One of the most important customer requirements is the continuous cost reduction, which can be fulfilled with the constant development of the technologies. The product research and development to be presented in the article is aimed at eliminating the additional heat treatment procedure, in consequence the production cost for the customer can be decreased significantly.

By means of development of the melting technology, also in case of thin-walled casting parts we succeeded in producing ductile cast iron of low hardness with substantially ferrite matrix texture, which complies with the customer requirement. The point of the procedure is keeping the strict metallurgical specifications, and establishing suitable cooling circumstances from the beginning of the casting to the end of the discharge.

Dúl R. – Fegyverneki Gy.: Development of Cooling Technology of Light Metal Castings with Computational Fluid Dynamics Simulations ... 25

In this article parameters of surface heat transfer that can

be influenced by the designer of cooling technology are outlined. Their effect on the efficiency of heat transfer are described. We also highlight the fact that Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations provide data of vital importance for the user (ie the foundry) in terms of demanding casting cooling technological parameters and for the mechanical designer of the cooling line in terms of how to fulfill those demands.

Dobóczy I. – Iby Á.: The complex development of forging technology at Teka Magyarország Zrt. (MOFÉM) 31

The authors would like to present in this article the process of brass forging technology at Teka Magyarország Zrt., taking into consideration the criteria of the productivity and the saving of material throughout the selection of the production equipment, the additional equipment, the technology modification of tool planning and production. We don't want to deal with the theoretical base of forging, rather we would like to present a project to our readers, that we have accomplished.

Németh T.: INOTAL Zrt. built new PROPERZI aluminium wire rod line 34

This paper presents the preparation and installation of a new 30.000 tons/year capacity aluminium wire rod line. It describes the measures aiming at increasing the capacity of an existing melting furnace, and further highlights considerations about the new line's demand on cooling water. It also discusses the advantages of an in-line quenching device appearing in energy consumption and in the quality of wire rod.

Bálint A. – Májlinger K. – Szlancsik A.: Mechanical properties of metal hollow sphere reinforced metal matrix syntactic foams 39

Metal matrix syntactic foams were produced and investigated. Reinforcement was carried out with pure iron hollow spheres, the matrix materials were Al99.5, AlSi12, AlMgSi1 and AlCu5 alloys. The volume fraction of the reinforcing hollow spheres was maintained at ~65 vol%. The composites with AlMgSi1 and AlCu5 matrix material were tested under two heat treatment conditions, half of the specimens were annealed and the other half of them were precipitation heat treated. Compression tests were performed immediately after heat treatments according the DIN 50134 standard. Three aspect ratios (H/D=1, 1.5, 2) and 6-6 samples from each composite were tested.

The structural stiffness, plateau strength and the total absorbed energy values increased with higher H/D ratios, while the absorbed energy values till 1% plastic deformation decreased. The yield strength of composites varied between ~30-80 (MPa), the lowest strength values was measured in the case of Al99.5 matrix, while the highest values were recorded in the case of precipitation heat treated AlCu5 matrix material. The structural stiffness values of composites varied between ~1000-7000 (MPa). The bonding and interface layer between the spheres and the matrix material was also investigated with energy dispersive X-ray spectroscopy and was found to be between 6-12 µm thick.

Svéda M. – Sycheva A. – Kovács J. – Rónaföldi A. – Roósz A.: Influence of rotating magnetic field on the solidification of Sn-Cd peritectic alloys 45

The peritectic alloys are used in large quantities in the industry. This type includes a part of the carbon steel with the carbon content up to 0.5 wt%, the Ni-Al, Fe-Ni, Ti-Al, Cu-Sn and Cu-Zn alloys as well. In the course of the directional solidification experiments performed in a rotating magnetic field (RMF) can be observed that the melt flow have a significant effect on the solidified structure of Sn-Cd alloys. This effect is investigated in the case of Sn-Cd 1.6 wt% peritectic alloy. The unidirectional solidification experiments were carried out on the Crystallizer with High Rotating Magnetic Field (CHRMF) equipment developed by the MTA-ME Materials Science Research Group. The molten alloy was continuously stirred by a constant rotating magnetic field until solidification was complete. As a result the columnar, a cellular microstructure was solidified. The rotating magnetic field due to the columnar structure is broken up and formed significant macrosegregation both radial and axial directions. The microstructure was characterized by scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive spectrometry (EDS).

• **Szerkesztőség:** 1051 Budapest, Október 6. utca 7., III. em. • **Telefon:** 06-1-201-7337 •

• **Levélcím:** 1371 Budapest, Pf. 433, e-mail: bkl.kohaszat@gmail.com •

• **Felelős szerkesztő:** Balázs Tamás •

• **A szerkesztőség tagjai:** dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Klug Ottó, dr. Kórodi István, Lengyelné Kiss Katalin, Schudich Anna, Szabados Ottó, Szende György, dr. Tardy Pál, dr. Török Tamás •

• **Kiadó:** Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • **Felelős kiadó:** dr. Nagy Lajos •

• **Nyomja:** Press+Print Kft. 2340 Kiskunlacháza, Gábor Áron u. 2/a • **HU ISSN 0005-5670** •

Belső tájékoztatásra, kereskedelmi forgalomba nem kerül. • A közölt cikkek fordítása, utánnyomása, sokszorosítása és adatrendszerekben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet. •

Internetcím: www.ombkenet.hu/bkl/kohaszat.html

JIAN BIAN – WANG LI – HARDY MOHRBACHER

Nióbiummal mikroötvözött növelt ütközési energiaelnyelő press hardening acél fejlesztése

Az elmúlt években a press hardening acélok nagy mennyiségben felhasznált gépjármű karosszéria-alapanyagá váltak biztonsági és súlycsökkentési képességük következtében. Néhány újabb gépjárműmodell esetén a press hardening acélok súlyaránya meghaladja a karosszériához felhasznált alapanyagok 20%-át, míg egyes becslések szerint ez az arány a jövőben elérheti a 40%-ot is, annak ellenére, hogy a hagyományos 22MnB5 ötvöztetésű press hardening acélokat eredetileg nem autópárizi felhasználásra fejlesztették ki. A magas szilárdság mellett a hagyományos press hardening acélok jellemzője, hogy szívósságuk alacsony a viszonylag nagy karbon tartalom és martenzites szövetszerkezet miatt. A szívósságot jellemző szívós-rideg állapot közötti átmeneti hőmérséklet különösen fontos anyagjellemző a hideg éghajlatú régiókban, ahol a nagy átmeneti hőmérsékletből következően váratlan meghibásodások léphetnek fel. Továbbá a hidrogén okozta elridegedés és az ebből adódó meghibásodási lehetőségek komoly aggodalomra adnak okot a press hardening acélok esetén. Ahogy azt korábbi vizsgálati eredmények mutatják, már néhány ppm hidrogéntartalom előidézhetheti pl. az ún. késleltetett repedést a hegesztési műveletet követően. A gépjármű-karosszériákkal szemben fontos követelmény, hogy az ütközési energiát képesek legyenek elnyelni úgy, hogy szerkezeti épségük megmaradjon, ennek megfelelően alapanyaguk megfelelő szívóssággal kell hogy rendelkezzen. Ebből a szempontból még nem vizsgálták részletesen a press hardening acélokat. Következésképpen nem végeztek korábban kísérleteket a hagyományos press hardening acélokkal annak érdekében, hogy optimalizálják a szívósságukat, csökkentsék a szívós-rideg állapot közötti átmeneti hőmérsékletüket és a hidrogén okozta elridegedésre való érzékenységet. A nagyszilárdságú acélok ridegtöréssel szembeni ellenállásának fokozására jól bevált módszer a szemcsefinomítás, mely hatékonyan valósítható meg nióbium mikroötvöztetés alkalmazásával. Cikkünk bemutatja a press hardening acélok módosított ötvöztetési eljárását, a nióbium-mikroötvöztetés alapvető metallurgiai hatásait a repedésterjedéssel szembeni ellenálló képesség szempontjából. Bemutatjuk továbbá a press hardening acélok hidrogén penetráció hatására megváltozó hajlíthatóságát valamint késleltetett repedési viselkedését. Az eredmények azt mutatják, hogy a módosított ötvöztetési eljárással jobb szívósságú, hajlítás közben ideálisabban viselkedő és a hidrogén okozta elridegedéssel szemben ellenállóbb press hardening acél gyártható.

Bevezetés

Az elmúlt évtizedben a melegsajtoló szerszámban történő edzés (press hardening eljárás) technológiája gyors fejlődésnek indult világszerte. Napjainkban a press hardening acélokat széles körben alkalmazzák kiváló biztonsági normákat teljesítő és könnyű gépjármű-karosszériaelemek gyártására. Ezzel a technológiával becslések szerint jelenleg világszerte (2013) mintegy 190 gyártósoron 285 millió karosszériaelemet állítanak elő évente. Egyes 2012-es európai modellek (mint az Audi A3 és

a Volvo V40) karosszériáiban több mint 20% a press hardening acélok súlyaránya. A gépjárművek súlycsökkentésének folyamatos igénye miatt a jövőben a press hardening acélok felhasználása minden bizonnyal tovább fog nőni. Becslések szerint a Volvo által gyártott karosszériákban a press hardening acélokból készült elemek súlyaránya a közeljövőben elérheti a 40%-ot.

A 22MnB5 ötvöztetési eljárást eredetileg nemesíthető kopásálló acélok költséghatékony gyártástechnológiaként fejlesztették ki, azonban nem kifejezetten járműipari célokra. A

22MnB5 minőségű alapanyag melegsajtoló szerszámban történő edzésének technológiáját a Plania dolgozta ki az 1980-as években, elsősorban olyan biztonsági elemek gyártásához, mint a lökhárítók és ajtóerősítő gerendák. A szilárdsági szint ezeknél az alkatrészeknél elérte az 1500 MPa-t. Különösen az elmúlt években megfigyelhető gyors sajtolási technológiafejlődés dacára, az ezzel a technológiával tovább feldolgozott acélminőség (22MnB5) napjainkig gyakorlatilag változatlan maradt. Alapanyag oldalról a fejlesztések döntően csak egy olyan védőréteg létrehozására koncentráltak, amely megakadályozza a kemencében történő re-veképződést és megfelelő korrózióvédelmet biztosít a felhasználás

Jian Bian Niobium Tech Asia, 068898 Szingapúr jian.bian@niobiumtech.com
Wang Li Baosteel Corporation, Sanghaj 201900, Kína lwang@baosteel.com
Hardy Mohrbacher NiobelCon bvba, 2970 Schilde, Belgium hm@niobelcon.net

során. Ez ideig az alapanyag metallurgiai koncepciójának alkalmasságát – tekintettel az autóiipari felhasználás során fellépő terhelési esetekre – alapvetően soha nem kérdőjelezték meg. A press hardening acélok szövetszerkezet optimalizálásának első koncepcionális megközelítése *Mohr-bacher* nevéhez köthető. A fejlesztési koncepció a nem autóiiparban használt martenzites acélok mikroszerkezet optimalizálásának eredményein alapul [3].

Az autóiipari alkalmazásokra szánt press hardening acélokkal szemben támasztott egyedi követelményrendszer

A press hardening technológia megoldást kínál több régóta fennálló problémára, melyek az extrém nagyszilárdságú acélok komplex alakítása során jelentkeznek, ilyen például az alakított darab visszarugózása és az alakítás során fellépő túlzott mértékű sajtolóerők. A press hardening eljárás a legtöbb gépjárműgyártónál kedvelt technológiává vált, mivel az eljárás és a felhasznált alapanyag együttesen lehetőséget ad a karosszériaelemek súlycsökkentésére és nagy ütközési biztonságot garantál. A press hardening technológiával a jelenlegi gyakorlat szerint többségében „full hard”, martenzites szövetszerkezetű darabokat állítanak elő. Adott karbontartalom mellett a martenzites szövetszerkezettel érhető el a lehető legnagyobb szilárdság, ezzel egyidejűleg a legkisebb nyúlás is. Habár a kis nyúlásnak a melegsajtolás szempontjából nincs jelentősége, egyes gépjárműgyártók növelt nyúlásértéket várnak el a press hardening eljárással gyártott daraboktól, mivel tapasztalataik szerint ez előnyös az ütközési teljesítmény szempontjából. A növelt nyúlásérték a press hardening eljárással készült darab megeresztésével vagy olyan edzési technológiával érhető el, amelynek hatására a martenzites alapszövetben kis mennyiségű lágyabb fázis – bénit/ferrit/ausztenit – is marad. Figyelembe kell azonban venni, hogy a nyúlás jelentős mértékű növelése érdekében végzett fent említett beavatkozások szükségszerűen nagymértékű szilárdságcsökkenéssel járnak együtt.

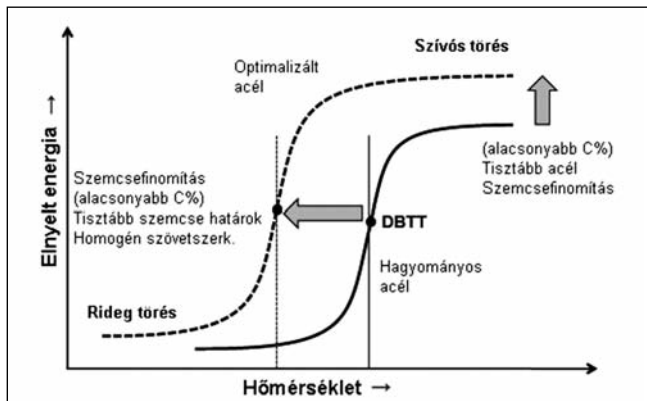
Kérdéses továbbá, hogy a kis sebességű egytengelyű szakítóvizsgálattal meghatározható nyúlásból mennyire pontosan következtethetünk a nagy sebességű ütközések során tapasztalható repedésterjedési-törési viselkedésre. Ebben a kontextusban az anyag jellemzésére a szívósság sokkal megfelelőbb tulajdonság. A szívósság mérésére szolgáló vizsgálati eljárások alapvetően két lényeges anyagjellemzőt tárnak fel: a szívós hőmérséklet-tartományban mérhető elnyelt energiamentiséget (upper shelf energy – USE) és az átmeneti hőmérsékletet (ductile-to-brittle transition temperature – DBTT). Az USE-érték arra utal, hogy a szövetszerkezet mennyire képes ellenállni a repedés terjedésének. USE tekintetében a lehető legnagyobb értékre kell törekedni. A szívósság definiálását a vonatkozó szabványok csak csővezeték alapanyag- és szerkezeti acélok esetén írják elő, ugyanakkor a vékony autóiipari acéllemezeknél a szívósság jellemzése nem előírás. Ennek ellenére a nagyszilárdságú IF-acélok fejlesztése során kidolgoztak egy módszert a vékony autóiipari lemezek szívósságának jellemzésére. Az említett vizsgálati eljárás (cone-in-cup drop weight test) során egy mélyhúzott acél csészébe egy kúpos kialakítású súlyt ejtenek. A szívósabb acél nagyobb mértékű horpadást szenved el, nagy mennyiségű energiaelnyelődéssel, törés nélkül. Ezzel szemben a rideg anyagok azonnal repednek, kismértékű deformáció és csekély energiaelnyelődés mellett. A nagyszilárdságú IF-acéloknál a nagy és kis energiaelnyelő képesség közti átmenet egy adott hőmérséklet alatt figyelhető meg, az úgynevezett másodlagos hidegalakítási ridegedés eredményeként. A cone-in-cup drop weight módszerrel felvett görbék nagyon hasonlítanak a vastagabb lemezek Charpy V típusú ütőmunkavizsgálata során felvehető vizsgálati hőmérséklet–elnyelt energia görbéhez. A vizsgálatok során hamar nyilvánvalóvá vált, hogy az IF-acélok a kiváló, akár 30% feletti nyúlásértékek ellenére ridegen törhetnek csekély mértékű energiaelnyelődés mellett. Az IF-acélok ilyen jellegű viselkedése (nagy nyúlás, ezzel együtt kis ellenállás a dinamikus igénybevételekkel

szemben) a ferrit szemcsehatárokon megfigyelhető foszforkiválással magyarázható.

Ellentétes következtetésként levonható, hogy a kis nyúlással rendelkező anyagoknál – ilyenek a full hard martenzites acélok is – szívósságjavulás érhető el a ridegséget okozó hatások minimalizálásával. Ezek közé a hatások közé tartoznak a szennyezőanyag-dúsulások és kiválások által okozott szemcsehatár menti szennyeződések, csak úgy, mint a hidrogén okozta elridegedés. Tekintettel a felhasználási területre és az elvárt teljesítményre, a press hardening eljárással készült alkatrészek mikroszerkezeti tulajdonságainak különleges részletei is rendkívül fontosak. A szívós törés hőmérséklet-tartományában elérhető USE-érték martenzites acéloknál természetesen kisebb, mint a lágyabb bénites vagy ferrites acélok esetén. Ugyanakkor évtizedes tapasztalat az is, hogy a szemcsefinomítás minden acéltípusnál előnyösen hat a szívósságra. Konkrétabban a szemcseméret-csökkentés növeli az USE-értéket és ezzel együtt csökkenti az átmeneti hőmérsékletet (DBTT).

A press hardening acélból készült alkatrészeket jellemzően olyan helyekre építik be, ahol ütközés során nagy dinamikus terhelések lépnek fel, mint pl. A/B-oszlopok, lökhárítók, ajtóerősítő gerendák. Az említett karosszériaelemektől elvárt legfontosabb követelmények, hogy minimalizálják az utastérbe történő behatolást, eloszlassák az ütközés során fellépő terhelést olyan elemek között, amelyekben a kinetikus energia képlékeny alakváltozás formájában képes elnyelődni, az utasok veszélyeztetése nélkül. Ez a passzív biztonsági koncepció az alábbi általános követelményeket támasztja a press hardening acélokkal szemben:

- Megfelelő szívósság a teljes működési hőmérséklet intervallumban annak érdekében, hogy ütközés során repedés vagy törés ne következzen be;
- Olyan mértékű helyi képlékeny alakváltozási képesség ütközés során, ami felemészti az ütközés kinetikus energiáját;
- Nagy ellenállás a hidrogén okozta elridegedéssel szemben.



■ 1. ábra. A szívósság optimalizálása az átmeneti hőmérséklet csökkentésével, és az átmeneti hőmérsékletet befolyásoló tényezők

Ezeket a különleges elvárásokat nem vették figyelembe az eredeti 22MnB5 ötvözési eljárás kidolgozásakor. Éppen ezért meg kell vizsgálni, hogy ezek a speciális tulajdonságok – elsősorban a kiváló szívósság – hogyan érhetők el a gyártástechnológia optimalizálásával, az ötvözési eljárás módosításával. A fejlesztés célja elsősorban az átmeneti hőmérséklet (DBTT) csökkentése, annak érdekében, hogy a hidegebb éghajlatú régiókban is biztonságos ütközési teljesítménnyel rendelkezzenek a press hardening acélból készült karosszériaelemek, cél továbbá az USE energiaszint növelése is (1. ábra). A karbontartalom csökkentése rendkívül hasznos ebben a tekintetben, de a press hardening acéloknál nem járható út, mivel a martenzites acélok szilárdságát döntően a karbontartalom határozza meg. Másrészt további szilárdságnövelés (1500 MPa → 1800-

lenne, következésképpen a szívósság romlásának megakadályozása ezeknél a minőségeknél még lényegesebb szerephez jut. Például egy a Mazdánál nemrég bevezetett 1800 MPa szilárdsági szintű press hardening minőségnél elvárás volt, hogy a szívóssága feleljen meg a hagyományos 1500 MPa szilárdsági szintű minőségének. A növelt szilárdságú (1800 MPa) minőség szívósságának romlását szemcsefinomítással sikerült megakadályozni, a szemcsefinomítást Nb>0,06% mikroötvözéssel érték el.

A hajlítás, mint képlékenyalakítási művelet, olyan erősen lokalizált alakváltozást okoz, ami mikrorepedések keletkezéséhez vezet, amelyek makroszkopikus méretű repedésekké nőhetnek, ha az anyagban uralkodó feszültségi szint egy kritikus szintet ér el. Mivel a martenzites acélok folyáshatára rendkívül nagy, a feszültségi szint képes elérni ilyen nagy értéket.

2000 MPa) új press hardening acélok kifejlesztése érdekében csak a karbontartalom növelésével (0,22% → 0,28-0,34%) lehetséges. A szívósság a több karbon tartalmazó, nagyobb szilárdsági szintű minőségek esetén várhatóan még rosszabb

A törésmechanika elmélete leírja, hogy a kritikus feszültségi szint és a töréshez vezető kezdeti repedés mérete fordítottan arányos (a Hall-Petch egyenlethez hasonlóan). Feltételezve, hogy a kezdeti hiba mérete összefüggésben van az effektív szemcsemérettel, a finomszemcséjű szövet előnyös a repedés megindulásához szükséges feszültségi szint emeléséhez – (1) egyenlet –, továbbá előnyös, mivel a szemcseméret-csökkentés csökkenti az átmeneti hőmérsékletet a (2) egyenletnek megfelelően. Az egyenletekben szereplő „K” állandó az anyagminőség függvénye.

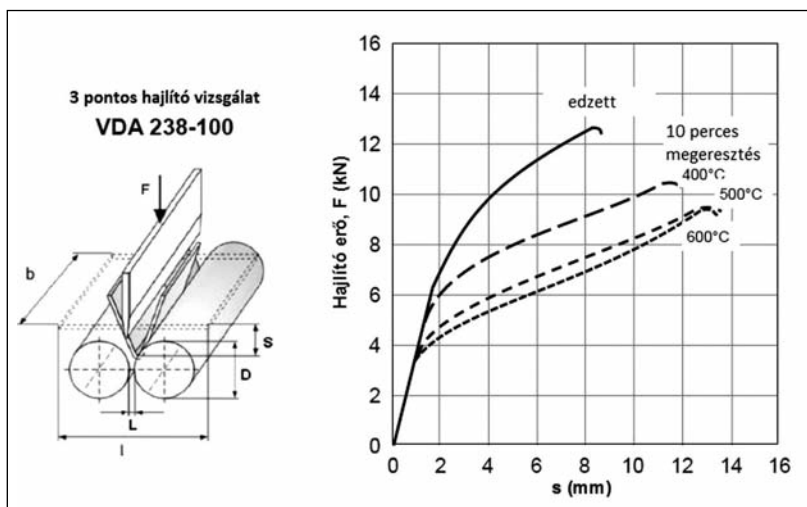
$$\sigma_{fracture} = K_{fracture} \frac{1}{\sqrt{d_{eff}}} \quad (1)$$

$$T_{DBT} = T_0 + K_{DBT} \frac{1}{\sqrt{d_{eff}}} \quad (2)$$

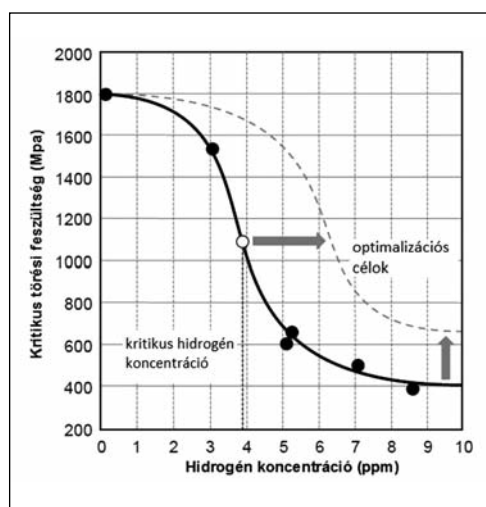
A press hardening acélok törési teljesítményének optimalizálása érdekében tehát az alábbiak megvalósítására van szükséges:

- Az effektív szemcseméret csökkentése;
- A (mikro)repedés-terjedés megindulási esélyének csökkentése;
- A hidrogénfelhalmozódás elkerülése a törési zónában.

Ütközésnek kitett gépjárműalkatrészeknél gyakran tapasztalnak éles hajlításnak vagy kihajlásnak tekinthető deformációt. Vékony (<3 mm) lemezek hajlítása során a külső szálak a hajlítási zónában erős helyi



■ 2. ábra. A VDA 238-100 szerinti hajlítóvizsgálat elvi vázlata, tipikus 22MnB5 acél hajlítóvizsgálati eredményei edzett és különböző hőmérsékleteken megeresztett állapotban



■ 3. ábra. A hidrogénkoncentráció hatása a press hardening acélok szakítószilárdságára és a gyártástechnológia optimalizálás célja

alakváltozást szenvednek és ezzel egyidejűleg nagyon nagy húzófeszültségek ébrednek. A VDA 238-100 szerinti hárompontos hajlítóvizsgálatot (2. ábra) úgy tervezték, hogy általa meghatározható legyen a repedés megjelenéséig a maximális hajlítási szög. Az európai OEM-gyártók jellemzően legalább 60°-os hajlítási szöget várnak el a press hardening acéloktól. A kis kritikus hajlítási szög arra utal, hogy az acélban könnyedén kialakulnak mikrorepedések, amelyek aztán azonnal terjedni kezdenek. A nagy kritikus hajlítási szög arra utal, hogy a repedések megindulása késleltetett és/vagy a repedésterjedés megindulásához szükséges kritikus feszültségi szint viszonylag nagy. A mikrorepedések keletkezését és a repedésterjedés megindulását a legpontosabban a hajlítóvizsgálat során felvehető erő–elmozdulás görbe részletes elemzéséből vagy akusztikus emissziós mérések eredményeiből származtathatjuk.

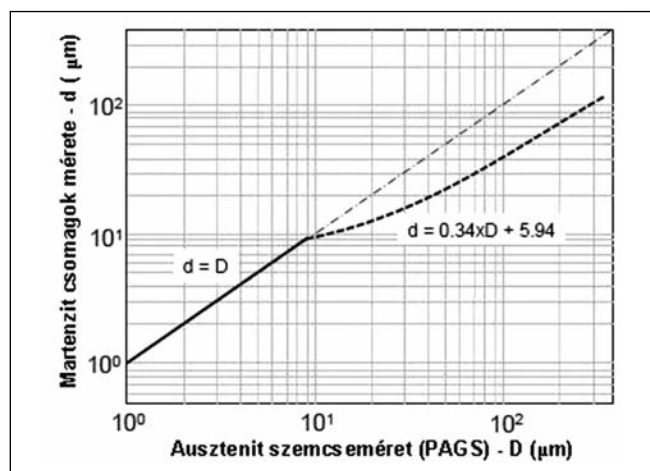
A lokális alakváltozási képesség tekintetében az egyfázisú acélok felülmúlják az azonos szilárdsági szintű többfázisú acélokat. Ezt egyértelműen alátámasztják a furat expansziós arányáról (λ -érték) korábban már többször is publikált eredmények. Az egyfázisú acélok jobb teljesítménye annak köszönhető, hogy a szövet-szerkezetben nincsenek fázishatárok, ahol a keménységgradiens nagy. Az egyfázisú acélok közül a ferrit jobban teljesít, mint a bénit és a martenzit, a növekvő szilárdsági szint sorrendjében. Habár a martenzit egyfázisú szövet, a benne megtalálható nemkí-

vánatos második fázis negatív hatást gyakorol a lokális alakváltozási képességére és elősegíti a mikrorepedések terjedésének megindulását. Ilyen nemkívánatos fázis lehet a MnS, ami sokkal lágyabb, vagy a TiN, ami sokkal keményebb, mint a martenzit. Ennek megfelelően az optimalizálási erőfeszítések szerves része e fázisok megjelenésének elkerülése, vagy legalább a térfogatarányuk mérséklése, a méretük és morfológiájuk szabályozása.

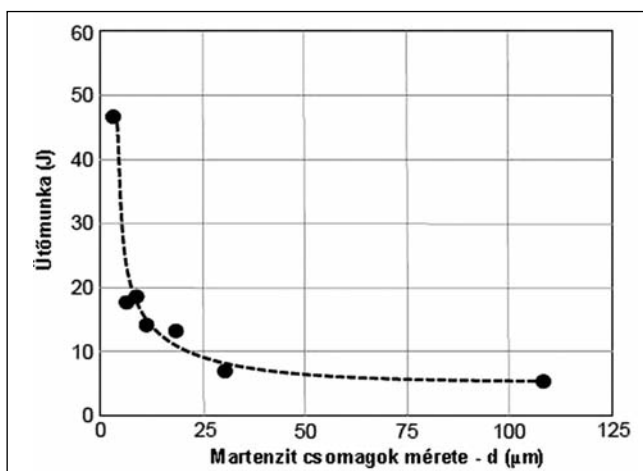
A hajlítási teljesítmény javítása érdekében a press hardening művelet utáni megeresztésre bizonyos esetekben lehetséges megoldásként lehet tekinteni. A press hardening eljárással készült alkatrészek megeresztésével kapcsolatban végzett jelentős kutatómunka rámutatott arra, hogy mind a szívósság, mind a kritikus hajlítási szög bizonyos mértékig javítható. Például 22MnB5 minőségű press hardening eljárás során beedződött acél 500 °C-on történő megeresztésével, a hárompontos hajlítóvizsgálat során 53%-kal nőtt az első repedésig mérhető elmozdulás (2. ábra – s érték). Ugyanakkor a megeresztés a maximális hajlítási erőt 24%-kal csökkentette, mivel a szakítószilárdság 1500-ról 1020 MPa-ra csökkent (2. ábra) [5]. További problémát okoz az úgynevezett megeresztési ridegség, amely 300–500 °C-os hőmérsékletközben végzett megeresztés után tapasztalható. Az azonban könnyen belátható, hogy a megeresztés műveletének integrálása a press hardening eljárás folyamatába növelné az alkatrészek előállítási

költségét és csökkentené a gyártósor termelékenységét. Éppen ezért a Volkswagennél úgy gondolták, hogy új ötvözesi eljárás alapján gyártott press hardening acélt kell kifejleszteni, amely szilárdságcsökkenés nélkül képes jobb szívóssági és hajlíthatósági tulajdonságokat produkálni, a press hardening eljárást követő további hőkezelés nélkül [5].

További súlyos problémát okozhat a press hardening acéloknál a hidrogén által kiváltott elridegedésből adódó repedés (HIC). Az acélban jelen lévő szabad hidrogén drasztikusan csökkenti a repedésterjedés beindulásához szükséges feszültségi szintet, a $K_{fracture}$ értékét csökkentve (lásd (2) egyenlet!). Ez a jelenség akkor fordulhat elő azonnal, ha a hidrogén már jelen volt az acélban a terhelést megelőzően. Ennek következtében törés következhet be már kisebb terhelési szint mellett is. Az úgynevezett késleltetett repedés jelensége úgy következik be, hogy a növekvő maradó feszültségek hatása alatt kezdetben stabil mikrorepedésekben hidrogén kezd felgyűlni, amelynek következtében az anyag gyengülni kezd, majd bizonyos feszültségi szintet elérve megindul a repedésterjedés. Ennek a folyamatnak a sebességét a hidrogén diffúzióját határozza meg. A hidrogén származhat például korróziós reakcióból vagy a hegesztési eljárásból. A vizsgálati eredmények azt mutatják, hogy csupán néhány ppm-nyi hidrogénfeltöltődés drámaian csökkentheti a 22MnB5 acélok repedésterjedés megindulásához szükséges kritikus feszültségi szintjét (3. ábra) [6].



■ 4. ábra. Az ausztenit szemcseméret (PAGS) és a martenzit-csomag mérete közti összefüggés



■ 5. ábra. A martenzitcsomag-méret hatása az ütőmunkára 77 K vizsgálati hőmérsékleten 17CrNiMo6 acélnál

1. táblázat. Innovatív ötvözési stratégiák press hardening acélokhoz, a hagyományos 22MnB5 minőségű acél ötvözési eljárásával összehasonlítva

Összetétel	C	Si	Mn	P	S	Cr+Mo	B	Ti	Nb
22MnB5 (max. t%)	0,25	0,40	1,40	0,025	0,010	0,50	0,005	0,05	-
Optimalizálás 1. lépés	A szilárdsági szinthez igazítva			A lehető legalacsonyabb					≥0,05
Optimalizálás 2. lépés							Eltávolítva		
Optimalizálás 3. lépés						Mo ~ 0,15			

A gyakorlatban ugyanakkor nagyon nehéz meghatározni a késleltetett repedést kiváltó kritikus hidrogéntartalmat. Továbbá szinte lehetetlen megjósolni, hogy mennyi hidrogént vehet fel egy gépjárműalkatrész a gyártás és a későbbi működés során. Ennek megfelelően az egyetlen biztonságos megoldás a kritikus hidrogéntartalom magasabb szintre emelése, az acél gyártástechnológiájának optimalizálásával, ahogy azt a 3. ábra mutatja. Ideális esetben a gépjárműalkatrészben a gyártás és a működés közben felhalmozódó hidrogéntartalom nem fogja elérni ezt a megnövelt kritikus szintet. A kutatások egyik célja tehát olyan mikro-szerkezeti jellemzők azonosítása, amelyekkel a press hardening acélok kritikus hidrogéntartalma növelhető.

Új ötvözési tervek press hardening acélok gyártására

A martenizites acélok törésmechanikájának ismeretében háromlépcsős stratégiát dolgoztunk ki (1. táblázat) a press hardening acélok optimalizálására, a hagyományos 22MnB5 ötvözési eljárásra alapozva:

- 1. Szemcsefinomítás Nb-mikroötvözéssel;
- 2. B- és Ti-mikroötvözés elhagyása a kemény TiN és a komplex szemcsehatár menti kiválások megjelenésének elkerülése érdekében;
- 3. Az ausztenit szemcsehatárok megerősítése Mo hozzáadásával, a szemcsehatár menti repedések elkerülése érdekében.

A cikkünk további részében bemutatandó vizsgálatok az 1. módszerre – a szemcseszerkezet finomításra, mint az anyagszerkezet optimalizálás általános eszközére – összpontosítanak.

Mindhárom ötvözési koncepciót részletesen ismertettük már korábbi tanulmányokban [8, 9, 10]. A következőkben kifejezetten a Nb-mikro-

ötvözés hatását mutatjuk be a press hardening acélok szívósságára, hajlíthatóságára és hidrogén indukálta ridegedési viselkedésére.

Szívósságjavulás a Nb-mikroötvözés hatására

A martenizites szövetszerkezet tulajdonságai és törési viselkedése közötti kapcsolatrendszer alaposan tanulmányozott és teljeskörűen összefoglalt terület Morris és társainak köszönhetően [4]. A martenzit különböző megjelenési formáinak mikro-szerkezete meglehetősen összetett. Általában megkülönböztetünk léces, blokkos és csomagos martenzitet, mely az ausztenit szemcsén belül, mint egy alszerkezet fejlődik ki az ausztenit martenzites átalakulásának pillanatában. Egyértelműen megállapítható, hogy semelyik martenzit alszerkezet-típus sem lehet nagyobb méretű, mint az ausztenit szemcsemérete (PAGS – prior austenit grain size) amelyből létrejött (4. ábra) [11, 12]. Ennek megfelelően az ausztenit szemcsemérete kulcsfontosságú tényező a martenzites szerkezet szemcsefinomításának tekintetében. A martenzites acélok szemcseszerkezet-finomításának szívósságra gyakorolt jótékony hatását már számos tanulmány igazolta. Az ausztenit szemcseméret (PAGS) csökkentése javítja a szívósságot, különösen akkor, ha a martenzitben felismerhető csomagok mérete a 20 µm alatti tartományban van (5. ábra) [13].

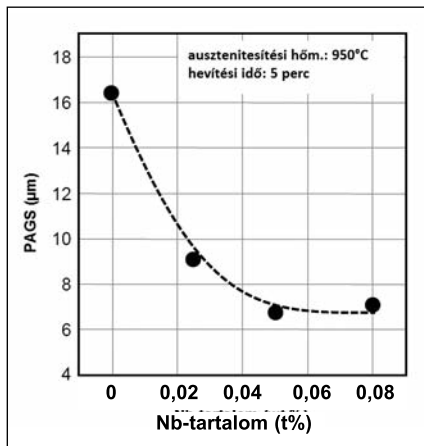
A press hardening acélok teljes gyártási folyamatát tekintve az alábbi műveleteknek van hatása az ausztenit szemcseméretére (PAGS):

- Buga újrahevítés – ausztenit szemcseméret növekedés;
- Előnyújtói hengerlés – ausztenit szemcseméret homogenizálás és kismértékű szemcseméret finomítás;
- Készori szalaghengerlés – auszte-

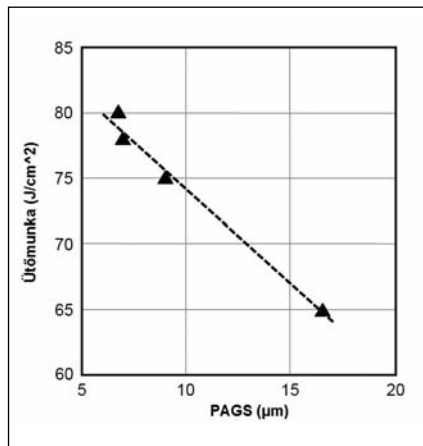
nit szemcseméret finomítás, mértéke a szűrasterv függvénye (a napjainkban alkalmazott szűrastervek viszonylag kismértékű szemcsefinomítást tesznek lehetővé a készsorokon);

- Hideghengerlés utáni lágyítás – újrakristályosodás és ferrit szemcseméret durvulás (a ferrit szemcsedurvulás mértéke a lágyítási hőmérséklettel és a hőn tartási idővel nő);
- Melegsajtolás előtti újrahevítés (ausztenitesítés) – ausztenit szemcseméret durvulás (mértéke az ausztenitesítés hőmérsékletének és idejének növekedésével növekszik).

A felsorolt műveletek közül a készori szalaghengerlés az egyetlen, amellyel jelentős mértékű szemcsefinomítás érhető el, megfelelően megválasztott hengerléstechnológiai paraméterek mellett. Az összes többi technológiai fázisban csak megakadályozni lehet a szemcseméret durvulását. A press hardening acélok készori meleghengerlésénél jelenleg használt tipikus szűrastervek sokkal inkább a termelékenységre koncentrálnak, mint az ausztenit szemcsefinomítására. A HSLA-acélok gyártástechnológiájából jól bevált módszerek állnak rendelkezésünkre a készori szemcsefinomítás megvalósítására. A leghatékonyabb módszer a csökkentett készori előlemez-beadási hőmérséklet Nb-mikroötvözéssel kombinálva, ami hatékonyan gátolja az ausztenit újrakristályosodását a készori hengerlés hőmérséklet-tartományában [14]. A Nb-tartalom növelése emeli az újrakristályosodás határhőmérsékletét, ennek megfelelően lehetővé teszi a nagyobb készori előlemez-beadási hőmérséklet alkalmazását, ami a termelékenység szempontjából pozitív. A ~ 0,06% Nb-tartalom jó kompromisszum a termelékenység és a megfelelő mértékű szemcsefinomítás között. A Mo-mikroötvözés az auszte-



■ 6. ábra. A Nb-tartalom hatása a primer ausztenit szemcseméretre (PAGS) normál körülmények között gyártott press hardening acélnál (az alapötvtözet: 22MnB5)



■ 7. ábra. A primer ausztenit szemcseméret (PAGS) hatása az ütőmunkára (módosított Charpy-féle teszt) normál körülmények között gyártott press hardening acélnál (az alapötvtözet: 22MnB5)

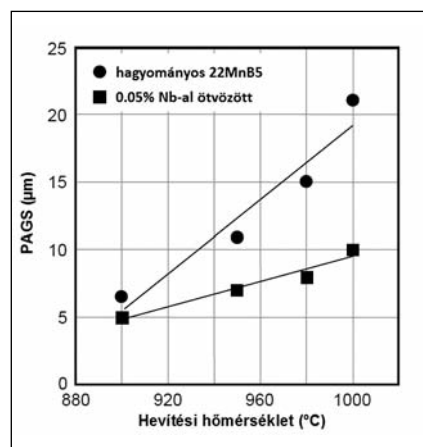
tenit újrakristályosodását tovább késlelteti – így erősítve a Nb szemcszefinomító hatását a melegen hengerelt szalagban –, ami automatikusan finomabb szemcseméretet eredményez a hidegen hengerelt szalagban, akkor is, ha a meleghengerlés és az azt követő fázisok (hideghengerlés, hőkezelés, melegsajtolás) technológiai paraméterei változatlanok maradnak.

A meleghengerlés során kialakult Nb-kiválás csak úgy, mint a melegsajtolást megelőző hevítés során képződő kiválások stabilak, és képesek az ausztenit szemcsehatárokon elhelyezkedve megakadályozni a szemcsedurulást. A press hardening eljárást megelőző hevítési hőmérséklet a 22MnB5 acélok esetén jellemzően 950 °C, az edzési hőmérséklet az EN 10083-3 szabványnak megfelelően 880±10 °C (eddig hűl a darab a kemencéből az alakító szerszámig történő szállítás és az alakító művelet során). Ennek az a célja, hogy a primer ausztenit szemcsemérete ne durvuljon ASTM 5-ös fokozatúnál nagyobbra. A viszonylag nagy hevítési hőmérséklet azonban elkerülhetetlenül bizonyos mértékű ausztenit szemcseduruláshoz, és ennek következtében edzés után nagyobb méretű martenzitsomagok kialakulásához vezet. Korábbi és jelenlegi eredmények is azt mutatják, hogy ~ 0,05% Nb-mikroötvtözés hatékonyan akadályozza meg az ausztenit jelentős mértékű szemcsedurulását még 1000 °C-os hevítési hőmérséklet esetén is. Bizonyos kedvezőtlen kö-

rülmények hozzájárulhatnak a nemkívánatos ausztenit szemcseduruláshoz, ilyenek például a sajtolósori üzemzavarok, amelyek következtében az alapanyag tovább tartózkodik a kemencében.

A press hardening acélok Nb-tartalmának növelésével a primer ausztenit szemcsemérete csökken (6. ábra), míg a szívós tartományban mérhető Charpy-féle ütőmunka (USE) nő (7. ábra). Arra utaló jelek is vannak, hogy az átmeneti hőmérséklet (DBTT) akár 30 °C-kal is csökkenteni lehet a primer ausztenit szemcseméretének (PAGS) finomításával. A PAGS-finomítás szívósság fokozó hatása bármilyen szilárdsági szintű acélnál alkalmazható.

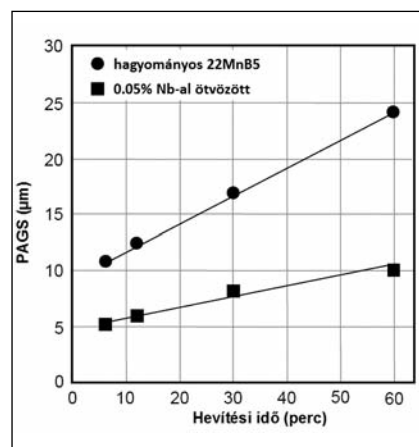
A 8. és 9. ábrán feltüntetett mérési eredmények igazolják a Nb-mikro-



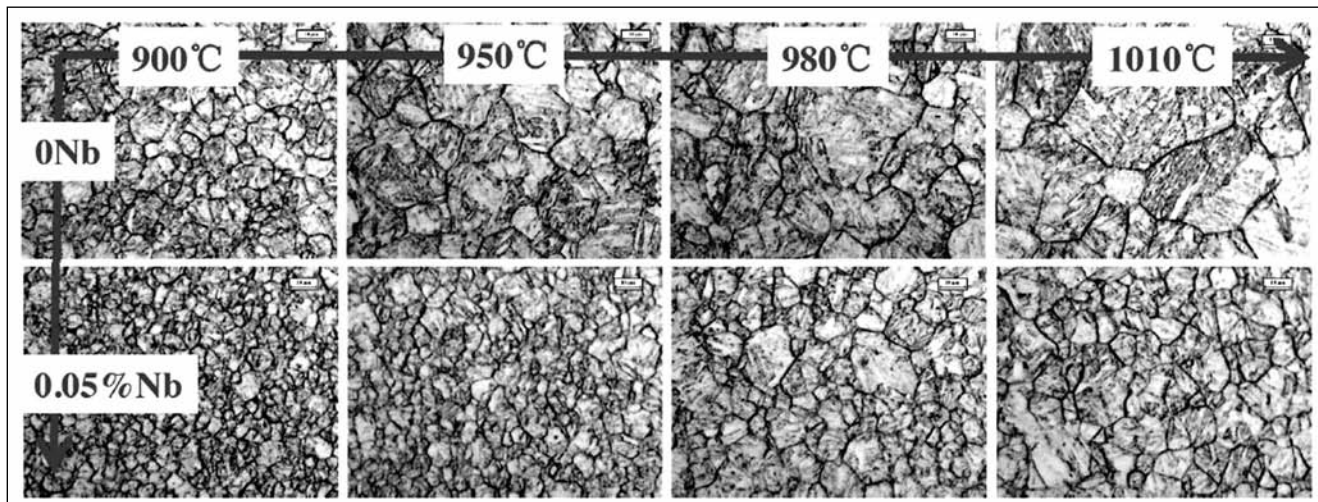
■ 8. ábra. A Nb-mikroötvtözés hatása a primer ausztenit szemcseméretre (PAGS) különböző hevítési hőmérsékletek esetén (az alapötvtözet: 22MnB5)

ötvtözésnek az ausztenit szemcseméret-durulás megelőzése érdekében kifejtett pozitív hatását, széles hevítési paraméter-tartományokban. Nyilvánvaló, hogy a Nb-mal mikroötvtözött press hardening acélok az összes szimulált hevítési körülmény mellett finomabb primer ausztenit szemcseméretet (PAGS) mutatnak. Súlyos túlhevítés (1000 °C) esetén a hagyományos 22MnB5 acél ausztenitszemcséi közel kétszer akkora méretűek, mint a Nb-mal mikroötvtözött változat ausztenitszemcséi. Extra hosszú kemencében tartózkodási időt (60 perc) vizsgálva ismét arra az eredményre jutunk, hogy a hagyományos 22MnB5 ausztenit szemcsemérete nagyjából a duplája a Nb-os változatnak. Tehát a Nb-mikroötvtözés egyértelműen csökkenti a mikroszerkezet érzékenységét a hevítési folyamat technológiai paramétereinek változására. A fentiekből is következik, hogy a mikroszerkezet-függő tulajdonságok, amilyen a szívósság is, a Nb-mikroötvtözés hatására javulnak.

Az ausztenit szemcseméret átlagos értékén túl lényeges az ausztenitszemcsék méretének homogenitása is. A 10. ábra alapján megállapítható, hogy a Nb-mikroötvtözés – különösen nagy újrahevítési hőmérséklet esetén – egyenletesebb szemcseméret-eloszlást eredményez. A hagyományos 22MnB5 egyre vegyesebb szemcseméret-eloszlást mutat a hevítési hőmérséklet növelésével. Egyes szemcseméretű szövettel rendelkező alapanyagból készülő alkatrészek esetén az edzést követően



■ 9. ábra. A Nb-mikroötvtözés hatása a primer ausztenit szemcseméretre (PAGS) különböző hevítési idők esetén (az alapötvtözet: 22MnB5)



■ 10. ábra. A Nb-mikroötvözés hatása az ausztenit szemcseszerkezetére különböző hevítési hőmérsékleteken (az alapötvözet: 22MnB5)

bizonyos mértékű torzulás figyelhető meg, ami azzal magyarázható, hogy a kis- és nagyméretű ausztenit-szemcsék átalakulási kinetikája eltérő. A torzulás számottevő belső/maradó feszültség jelenlétére utal, ami hozzáadódik a későbbi működés közben fellépő feszültségekhez. A jelentős mértékű maradó feszültség a késleltetett repedések kialakulása szempontjából különösen káros. A vegyes szemcseméret a kifáradással szembeni ellenállásra is károsan hat.

Megfigyeléseinkről általánosságban elmondható, hogy a hagyományos press hardening acélból (22MnB5) készülő alkatrészek esetén a primer ausztenit átlagos szemcsemérete jellemzően az ASTM szerinti 5–6-os fokozatnak felel meg. Nb hozzáadásával az átlagos szemcse-

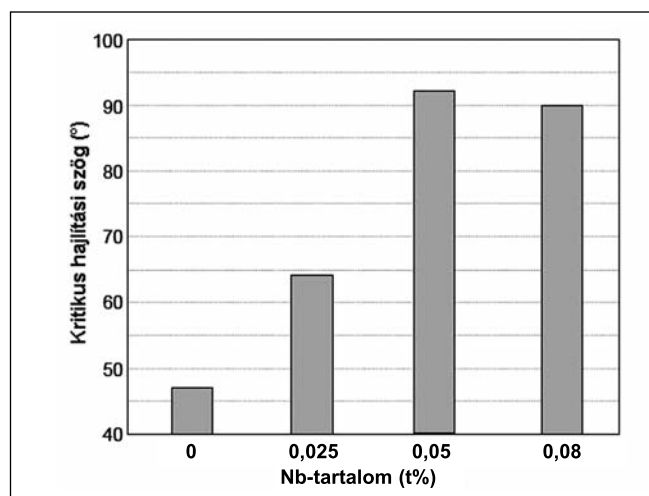
méret ASTM 7–9-es fokozatig finomítható hagyományos meleghengerlési technológiával. A legújabb kísérleti eredmények szerint termomechanikus hőmérsékletvezetésű meleghengerlési technológia alkalmazásával ASTM 10-es vagy annál is finomabb ausztenit szemcseméret valósítható meg a 22MnB5 Nb-mal mikroötvözött variációjánál.

A hajlíthatóság javulása a Nb-mikroötvözés hatására

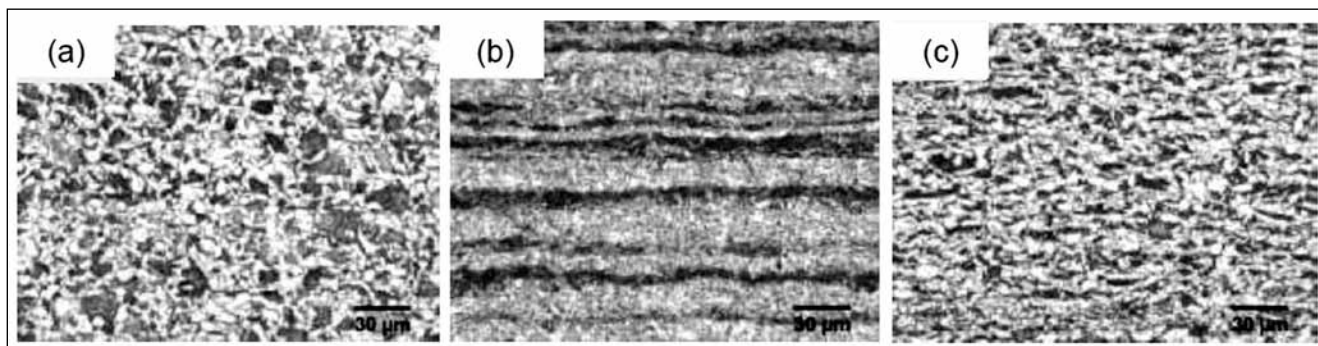
Korábbi VDA 238-100 szerint végzett hajlító kísérletek bebizonyították a Nb-mikroötvözés pozitív hatását a kritikus hajlítási szögre, 1900 MPa szilárdságú press hardening minőség esetén (34MnB5). 0,05% Nb-mikroötvözés hatására a kritikus hajlítási

a 0,05% Nb-mal mikroötvözött minőségből eltávolítjuk a B-t, akkor további jelentős növekedést figyelhetünk meg a kritikus hajlítási szög tekintetében. Aktuális méréseinket 1500 MPa szilárdságú acélon végeztük, VDA 238-100 szerinti hajlító vizsgálattal. A hagyományos 22MnB5 minőség átlagos kritikus hajlítási szögére 47°-ot kaptunk. 0,05% Nb hozzáadása kb. 90°-os kritikus hajlítási szöget eredményezett. Nagyobb mennyiségű Nb hozzáadása nem okozott további növekedést a kritikus hajlítási szög értékében (11. ábra). Kevesebb Nb-mal (0,025%) kisebb mértékű javulás figyelhető meg.

A kritikus hajlítási szög tekintetében gyakran eltérő eredményeket kapunk, ha összehasonlítjuk a hengerlés irányába eső és a hengerlési irányra merőleges próbák eredményeit. Az anizotrópia oka a melegen hengerelt szalag réteges mikroszerkezete. Eddig ez a probléma nem volt egyértelműen ismert a press hardening acélok hajlíthatósága tekintetében. Általában a melegen hengerelt press hardening minőségű szalagok szövetszerkezete ferrit-perlitesre van beállítva (12a ábra), annak érdekében, hogy lehetővé váljon a hatékony és gazdaságos hideghengerlésük, a hideghengerállvány(ok) túlterhelése nélkül. Ennek megfelelően a meleghengerlési körülményekre a viszonylag lassú hűtési sebesség és nagy csévélni hőfok jellemző. Ennek köszönhetően azonban bizonyos feltételek mellett olyan réteges mikroszerkezet alakul ki, ahol a rétegek



■ 11. ábra. A hagyományos 22MnB5 és különböző mennyiségű Nb-mal mikroötvözött variánsainak kritikus hajlítási szöge (a vizsgálat típusa: VDA 238-100)



■ 12. ábra. Melegen hengerelt press hardening acél ferrit-perlites szövetszerkezete: (a) hagyományos 22MnB5, (b) növelt Mn-tartalmú 22MnB5, (c) 22MnB5 + 0,05% Nb

párhuzamosak a hengerlési iránnyal (12b ábra). A felvételen a világos sávok a kis karbon tartalmú ferrit, míg a sötét sávok a nagyobb karbon tartalmú perlit helyét jelölik. A melegen hengerelt szalag sávos struktúráját végül „megöröklí” a press hardening alkatrész végső szövetszerkezete, sávos martenzitet eredményezve. A magasabb karbon tartalmú martenzitsávok keménysége nagyobb, mint az illeszkedő kis karbon tartalmú martenzitsávoké. A nagyobb karbon tartalmú sávokban a martenzites átalakulás kezdő hőmérséklete is kisebb, ennek következtében az átalakulás nem egy időben zajlik a teljes térfogatban, ami belső/maradó feszültséget generál. Ez a hajlíthatóság jelentős csökkenését eredményezheti, különösen a hengerlés irányban, mivel a sávok mentén keletkező mikrorepedések könnyedén terjedhetnek tovább a sávhatárok mentén, makrorepedéseket létrehozva. A legújabb vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy ha a késztermék szövetszerkezete sávos jellegű, akkor a hengerlési irányban mérhető kritikus

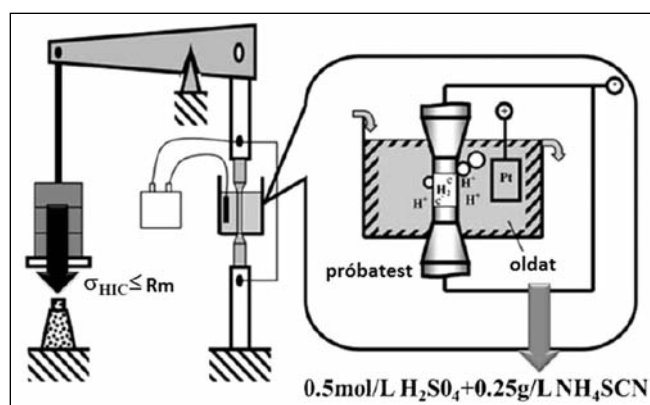
hajlítási szög kb. 20%-kal kisebb, mint a keresztirányú próbán mérhető kritikus hajlítási szög (ugyanolyan körülmények között vizsgálva). Éppen ezért a minta orientációját mindig figyelembe kell venni, ha hajlító vizsgálatok eredményeit vetjük össze.

A réteges szövetszerkezet kialakulását okozhatja az öntési művelet során fellépő ötvözőanyag-dúsulás (elsődleges dúsulás) vagy a megleghengerműi kifutó görgősori fázis átalakulás közben végbemenő ötvözőanyag-szegregáció (másodlagos dúsulás). Az elsődleges dúsulás elkerülése érdekében az öntési művelet optimalizálása szükséges, az acél túlhevítési hőmérsékletének beállításával, elektromágneses keverés és másodlagos hűtés alkalmazásával. Dúsulási hajlamának köszönhetően a nagyobb Mn-tartalom elősegíti a réteges szövet kialakulását (12b ábra). A másodlagos dúsulás elkerülése érdekében a megleghengelés befejező paramétereinek optimalizálása szükséges. Szükség lehet például a készsori hengerlés befejező hőmérsékletének csökkentésére, a kifutó

vet létrehozására, amelyben kevésbé hangsúlyos a réteges szerkezet. A Nb-mikroötvöztetés erős szemcsefinomító hatása itt úgy érvényesül, hogy hozzájárul a fázisátalakulás során a csíráképződéshez, ezzel elősegítve a homogénebb fáziseloszlást a szekunder szövetben (12c ábra).

A hidrogén kiváltotta ridegedéssel szembeni ellenálló képesség javulása Nb-mikroötvöztetés hatására

A press hardening acélokról kiderült, hogy rendkívül hajlamosak a hidrogén okozta elridegedésre, ami komoly aggodalomra ad okot az OEM gépjárműalkatrész-gyártók számára. Ez a jelenség olyan mértékben befolyásol károsan bizonyos anyagjellemzőket, mint a szakítószilárdság, nyúlás és szívósság, ami nem várt hibákat okozhat a járművek funkcionális és biztonsági alkatrészeinél. Korábban már végeztek vizsgálatokat a press hardening acélok hidrogén hatására bekövetkező elridegedési és ezzel összefüggő törési viselkedésének változásával kapcsolatban. A kísérleti eredmények azt mutatták, hogy az 1500 MPa szilárdsági szintű press hardening acél szakítószilárdsága 75%-kal csökkent 7 ppm hidrogéntartalom hatására [6]. Az acélgártók gyakran minősítik a press hardening acélokat korrozív hatású oldatban történő kezelés után 4-pontos hajlítóvizsgálattal DIN EN ISO 7538-2 / ASTM G-39 szerint. Ezeknél a vizsgálatoknál is jelentős mértékű teherviselő képesség csökkenést mértek a press hardening acéloknál [7]. A Nb-mal mikroötvözött press hardening acélok jobb eredményeket produkáltak a korrozív oldatos 4-pontos hajlítóvizsgálat során [7]. Ugyan-



■ 13. ábra. Kísérleti elrendezés statikus terheléses vizsgálat-hoz, hidrogén feltöltésre alkalmas körülményeket biztosító kiegészítő rendszerrel

akkor azt is meg kell jegyezni, hogy a mért eredmények szórása olyan mértékű volt, amelyekből nehéz egyértelmű következtetést levonni. Az adatok szórása a minta-előkészítés valamint a kísérleti körülmények reprodukálhatóságával kapcsolatban felmerülő problémákkal lehet összefüggésben.

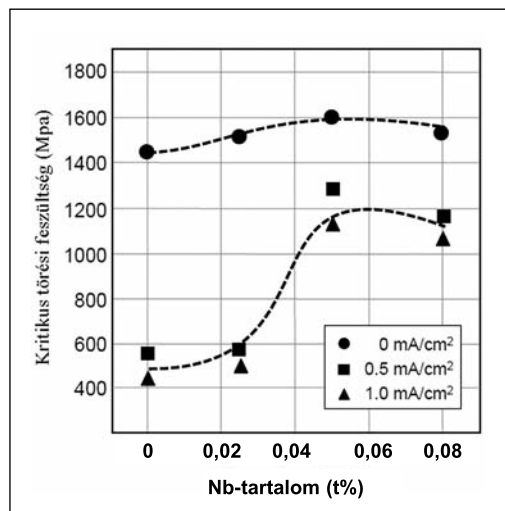
A hidrogén okozta ridegedéssel kapcsolatos kísérleteink során a Nb-tartalom változásának (0–0,08%) hatását vizsgáltuk 22MnB5 minőségű press hardening acélnál úgy, hogy az egyéb befolyásoló tényezők hatását amennyire csak lehetséges, megpróbáltuk csökkenteni. A 13. ábrán bemutatott vizsgálati elrendezés egy meghatározott feszültségállapot létrejöttét biztosítja a mintában. A vizsgálatok során az alábbi eljárási rendet követtük:

- A hidrogén-feltöltési kísérlethez a lapos próbatesteket húzalvágóval munkáltuk ki (annak érdekében, hogy elkerüljük a minták oldalán a mikrorepedéseket), felületük polírozott, és Ni-lel bevont.
- Az előkészített próbatesteket állandó terhelés mellett tartottuk a hidrogénfeltöltő oldatban (0,5 mol/l H_2SO_4 + 0,25 g/l NH_4SCN).
- A hidrogénfeltöltéshez alkalmazott áramsűrűségeket 0 és 1,0 mA/cm² között változtattuk.
- Azonos hidrogéntöltési feltételek (áramsűrűség) mellett változtattuk a statikus terhelés mértékét egy-egy mérésnél.
- Azt a feszültségi szintet tekintjük kritikus törési feszültségnek (σ_{HIC}), amit a próbatest 100 órán át képes

elviselni a feltöltő oldatban károsodás nélkül.

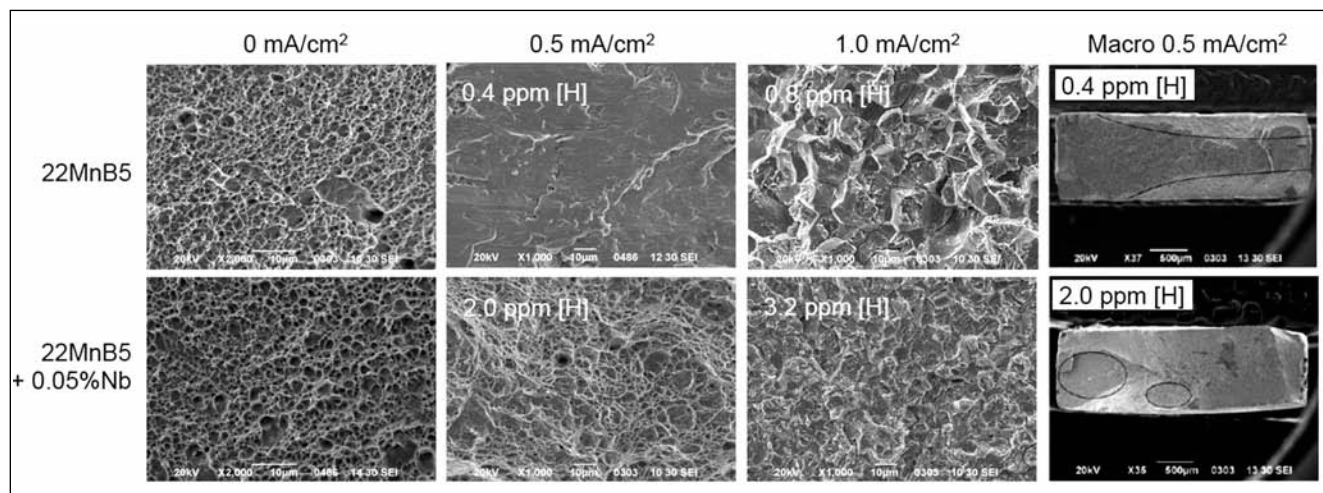
A különböző Nb-tartalmakhoz tartozó kritikus törési feszültségeket a 14. ábrán szemléltetjük. Amikor a hidrogén-feltöltési áramsűrűség 0 volt, az elridegedés mértéke elhanyagolható volt mind egyik acélnál, a kísérleti ötvözetek alapvetően rendkívül alacsony hidrogéntartalma miatt. Azonban amikor az áramsűrűségeket növeltük, aminek következtében hatékony hidrogénfeltöltésre kerülhetett sor, jelentős ridegedést figyelhetünk meg a hagyományos press hardening acélnál. Ez az eredmény megegyezik más, korábban publikált adatokkal [6]. Az elridegített anyag kritikus törési feszültsége kb. 70%-kal csökkent az eredeti anyagéhoz képest. A kísérleti eredményeink azt mutatják, hogy a hagyományos 22MnB5 acél Nb-mal történő mikroötvözése egyértelműen csökkenti a hidrogén okozta elridegedésre való érzékenységet. A Nb-tartalom 0,05%-ig történő növelésével, a hidrogénfeltöltés után, a szakítószilárdság kb. 1200 MPa-ra csökkent, azaz az ötvözet eredeti szilárdságának 75%-a megmaradt. Nagyobb mennyiségű Nb hozzáadása (0,08%) nem okozott további javulást.

A 15. ábrán látható felvételek elemzéséből megállapítható, hogy mind a hagyományos, mind a 0,05% Nb-mal mikroötvözött acél a szívós

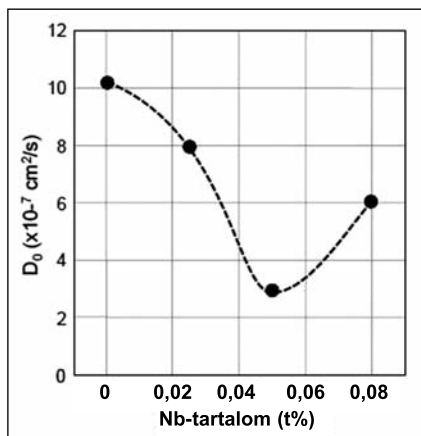


■ 14. ábra. Különböző Nb-tartalmú press hardening acélok eltérő hidrogén-feltöltési körülmények között mért kritikus törési feszültsége (σ_{HIC}), alapötvözet: 22MnB5

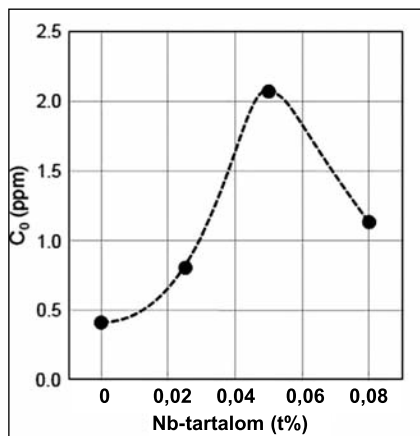
törésre jellemző töretfelületet mutat 0 mA/cm² töltőáram sűrűség mellett, mivel ebben az esetben az acél csak nagyon csekély mennyiségű hidrogént vett fel. A töltőáram-sűrűség növelése a hagyományos 22MnB5 acélnál rideg jellegű törést eredményezett. Ezzel ellentétben a 0,05% Nb-mal mikroötvözött acél 0,5 mA/cm² töltőáram-sűrűség mellett még meghatározó részarányban szívós töretarányt produkált, annak ellenére, hogy lényegesen nagyobb mennyiségű tárolt hidrogén volt ebben az anyagban. További töltőáram-sűrűség növelés (1 mA/cm²) hatására a töretfelület vegyes jelleget mutat, szívós és rideg területek is megfigyelhetők. A töretekről készült SEM-felvéte-



■ 15. ábra. A hidrogén-feltöltési teszt után a töretfelületekről pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) készített felvételek, makroszkopikus felvételek a töretekről (a fekete vonalakon belüli területek mutattak rideg jellegű törést)



■ 16. ábra. A Nb-tartalom hatása a hidrogén diffúziós együtthatójára, press hardening acélokban, alapötvet: 22MnB5 (hidrogénfeltöltés 0,5 mA/cm² áramsűrűség mellett)



■ 17. ábra. A Nb-tartalom hatása a hidrogéntartalomra press hardening acélokban hidrogénfeltöltés után, alapötvet: 22MnB5 (hidrogénfeltöltés 0,5 mA/cm² áramsűrűség mellett)

leken megfigyelhető kristálymetszetek alapján nyilvánvaló, hogy a 0,05% Nb-mal mikroötvözött acél szemcsemérete sokkal finomabb, mint a hagyományos 22MnB5 minőségé.

Annak érdekében, hogy jobban megértsük, hogy a Nb-mikroötvözés miként változtatja meg a press hardening acélok törési viselkedését hidrogén befolyása alatt, hidrogén-áthatolási vizsgálatokat végeztünk. Az eredmények alapján elmondható, hogy a Nb-mikroötvözés jelentősen csökkenti a hidrogén diffúzitását, a diffúziós együttható a Nb-tartalom függvényében minimumos görbe szerint változik, a minimum 0,05% Nb-tartalomnál jelentkezik (16. ábra). Nagyobb mennyiségű Nb-hozzáadás nem csökkenti tovább a hidrogén diffúzitását.

Az acél hidrogéntartalma a feltöltés után 0,05% Nb-tartalomnál éri el a maximális értéket (17. ábra). Ennek egyszerű magyarázata az, hogy a mintába belépő hidrogén mennyisége a feltöltés alatt ugyanannyi az összes vizsgált acéltípusnál, azonban a Nb diffúzitás csökkentő hatása miatt kevesebb hidrogén tud kilépni az acélból. Ez világosan jelzi, hogy a hidrogén csapdába esik, és ennek következtében mozdulatlaná válik. A mozdulatlaná vált hidrogén azonban nem képes kifejteni az acélt elridegítő hatását, mivel a hidrogénatomok nem tudnak a mikrorepedésekbe vándorolni. A nagyobb hidrogén diffúzitás magyarázza a hagyományos 22MnB5 acélban csakúgy, mint annak alacsony Nb-tartalmú (0,02%) változatá-

ban a szakítószilárdságban mérhető jelentős csökkenést hidrogénfeltöltés után (14. ábra).

A hagyományos press hardening acéllal összehasonlítva a Nb-hozzáadás jelentős szemcsefinomodást idéz elő (6. ábra), ami növeli az egységnyi térfogatra eső teljes szemcsehatár-felületet. A szemcsehatárok hidrogéncsapdaként működhetnek. Éppen ezért a szemcsefinomodás mechanizmusa az egyik lehetséges magyarázata annak, hogy miért csökken a hidrogén elridegedést okozó hatása a Nb-mal mikroötvözött press hardening acéloknál. Mégis a szemcsefinomodás önmagában nem magyarázza meg azt, hogy miért jelentkezik határozott minimum a diffúziós együtthatónál, míg határozott maximum a tárolt hidrogén mennyiségénél 0,05% Nb-tartalomnál, mivel a 0,08% Nb-tartalmú ötvözet hasonlóan finomszemcsés szerkezetű. Ezekért a jelenségekért egy másik csapdázó mechanizmus lehet felelős, név szerint a NbC-kiválások hidrogéncsapdázó hatása. A csapdázási mechanizmus hatékonyságát a kiválások mennyisége, azok eloszlása és mérete határozza meg [3]. Jelen eredmények arra utalnak, hogy e tényezők optimális értékét 0,05% Nb hozzáadásával érhetjük el. Kevesebb hozzáadott Nb mellett a Nb-kiválások mennyisége szükségszerűen kevesebb lesz. Nagyobb mennyiségű Nb hozzáadásával a kiválások mérete a jelek szerint nagyobb lesz az optimális értéknél. A kiválások mennyiségének, méretének és eloszlásának

hatása részletesebb vizsgálatok tárgyát kell hogy képezze a jövőben.

Következtetések

Az elvégzett vizsgálatok eredményei egyértelműen arra utalnak, hogy a hagyományos 22MnB5 minőségű press hardening acél figyelemre méltó optimalizációs potenciállal rendelkezik a váratlan meghibásodásokkal és a törési jellemzőivel összefüggő tulajdonságok tekintetében. A gyártástechnológia optimalizálásánál a primer ausztenit szemcseméretének (PAGS) csökkentésén keresztül a késztermék szemcsefinomítására összpontosítottunk. A Nb-mikroötvözés már önmagában jelentős primer ausztenit szemcseméret csökkenést eredményez. Konzervatív megközelítés szerint – azaz változatlan hengerlési és melegszilárdítási technológia mellett – már önmagában 0,05% Nb hozzáadása (~ 0,5 kg Nb 1 tonna acélhoz) úgy tűnik elég ahhoz, hogy az alábbi eredményeket elérjük:

- 2 fokozatnyi primer ausztenit szemcseméret-csökkenés (ASTM szerint);
- Jelentős ellenálló képesség a szemcsedurulással szemben túlhevítés esetén;
- Fokozott ellenálló képesség a dinamikus igénybevételekkel szemben (növelt szívósság);
- Alacsonyabb átmeneti hőmérséklet (DBTT);
- Jelentősen megnövekedett kritikus hajlítási szög (VDA 238-100 szerint);
- Figyelemre méltó javulás a hidrogén okozta elridegedéssel szembeni ellenálló képesség tekintetében.

A press hardening acélok fokozatos optimalizálásának eredményeként – még finomabb szemcsemérettel, valamint a nióbium-karbid-kiválás eloszlásának irányításával – a jövőben várhatóan további javulás érhető el. Ehhez elsősorban a meleghengerlés technológiájának módosítására lesz szükség. További optimalizálási lehetőségeket kínál a mikroötvöző elemek (Mo, Ti, B) mennyiségének finomhangolása is, ahogy ez az előzetes vizsgálatok alapján már nyilvánvalóvá vált [9].

Fordította Portás Attila

Irodalom

- [1] Proc. of 14th Global Car Body Benchmarking Conference, Automotive Circle International, 2012, Bad Nauheim, Germany.
- [2] Automotive Circle International Inside Edition, Gothenburg, September 2011.
- [3] H. Mohrbacher: Delayed Cracking in Ultra-high Strength Automotive Steels: Damage Mechanisms and Remedies by Microstructural Engineering, Proc. of Materials Science and Technology (MS&T) 2008, p. 1744.
- [4] J. W. Morris Jr., C. S. Lee and Z. Guo: ISIJ International, Vol. 43 (2003), No. 3, p. 410.
- [5] M. Glatzer: Tagungsband zum 4. Erlanger Workshop Warmblechumformung 2009
- [6] G. Lovicu et al.: Hydrogen Embrittlement of Advanced High Strength Steels for Automotive Use, Proc. of 2nd Int. Conf. on Super High Strength Steels, Italy, 2010.
- [7] J. Mura, T. Gerber, S. Sikora and F.-J. Lenze: Tagungsband zum 7. Erlanger Workshop Warmblechumformung, 2012.
- [8] J. Bian: Progress in press hardening technology and innovative alloying designs, Proc. Of the 1th Taiwan Symposium on Fundamentals and Applications of Mo and Nb alloying in high performance steels, Taipei 2011, TMS in print.
- [9] J. Bian, H. Mohrbacher: Novel alloying design for press hardening steels with better crash Performance, Proc. of AIST International Symposium on New Developments in Advanced High Strength Sheet Steels, 2013, Colorado USA, p. 251.
- [10] J. Bian and H. Mohrbacher: Process technology and steel development in press hardening, BAC2013 Baosteel Shanghai, China.
- [11] T. Maki and I. Tamura: Tetsu-to-Hagané, Vol. 67 (1981), p. 852–866.
- [12.] S. Morito, H. Saito, T. Ogawa, T. Furuhashi, T. Maki: ISIJ International, Vol. 45 (2005), No.1, p. 91–94.
- [13] C. Wang, M. Wang, J. Shi, W. Hui, H. Dong, J. Mater. Sci. Technol., Vol.23 No.5, 2007, p. 659.
- [14] L. Cuddy, J. Raley: J. Met. Trans., A14 No. 10 (1983), p. 1989.

MÓGER RÓBERT – FARKAS OTTÓ

A nagyolvasztó aknarészében elhelyezkedő tapadványok hatása a gázkihasználásra

A nagyolvasztó falazatán kialakult megvastagodott tapadványréteg károsan befolyásolja az anyagoszlop levonulását, hatással van a nagyolvasztó energetikai egyensúlyára is, amely végső soron a CO₂-kibocsátás növekedését okozza. A kutatómunka célja az volt, hogy matematikailag is értelmezhető összefüggéseket találjunk a vonatkozó hatástényezők összefüggésrendszerének feltárásához.

Megvizsgáltuk, hogy melyek azok a zónák, amelyek esetében a tapadványréteg vastagságának kiemelt jelentősége van és ez milyen hatással van a nagyolvasztó gázáramlási viszonyaira. Hőátadási modell, tapadványrétegből vett minták és a nagyolvasztó jellemző működési paramétereinek statisztikai elemzésével meghatároztuk a nagyolvasztói tapadványréteg vastagságának, és ennek a gázkihasználásra gyakorolt hatásának megállapítására szolgáló matematikai modelleket.

Bevezető

A nagyolvasztóba az alapanyagokkal beadagolt alkáliák és cink számos káros hatása mellett [1–3], részt vesz a nagyolvasztói tapadványképződési folyamatokban [4, 5]. Ezek kialakulási mechanizmusára vonatkozó véle-

mények eltérőek [6, 7]. Ugyanakkor a tapadványok gázáramlást, CO₂-kihasználást befolyásoló hatására vonatkozólag korlátozott információk állnak rendelkezésre.

Kutatási programot indítottunk annak érdekében, hogy a tapadványképződés és a gázáramlási viszonyok kapcsolatrendszerét feltárjuk, konkrét összefüggést keressünk a tapadványréteg vastagsága és a redukáló gáz metallurgiai kihasználása között.

A kutatási programhoz szükséges működési adatokat az ISD Dunaferri Zrt. 2. sz. nagyolvasztójának mérési adatbázisa biztosította. A hőátadási modellszámításokhoz szükséges tapadványminták ugyanezen vállalat átépítésre leállított 1. sz. nagyolvasztójából származnak. A tapadványminták hővezetési tényezőjének mérése a Miskolci Egyetemen történt.

Elméleti háttér

A nagyolvasztó falazatának belső oldalán kialakult – különböző méretű, nagyságú, morfológiájú és darabszámú – tapadványoknak a nagyolvasztóját egyenletességét gátló, valamint különböző üzemzavarokat (anyagoszlop megakadás, zuhanás, medencelehűlés stb.) gerjesztő hatása mellett feltételezhető, hogy befolyást gyakorol a gáz/anyagoszlop hőátadási, valamint a vas-oxid redukciós folyamatainak hatékonyságára, azaz az áramló gáz hőtani és metallurgiai kihasználásának mértékére.

A tapadványok hatást gyakorolnak

Móger Róbert és dr. Farkas Ottó szakmai életrajzát 2013/3. számunkban közzöltük.

a nagyolvasztó torokrésze felé áramló redukálógáz sebességére, irányára, amelynek elméleti magyarázatát az alábbiakban foglaljuk össze.

A gravitációhatás figyelmen kívül hagyásával, konstans gázszűrűség feltetelezésével specializált formátumú Bernoulli-egyenlet szerint:

$$p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = p_1 \text{ (=konstans nyomás),}$$

melyben p_1 és p_2 az eredeti és módosult gáznyomás (sztatikai nyomás), ρ a gázszűrűség, v pedig a gáz sebessége. A képletből következik, hogy az áramlási útvonal azon szakaszán, ahol kisebb a nyomás, ott nagyobb a sebesség és viszont.

Az aknafalon képződött tapadvány a gázáramot tehát lényegében a Venturi-cső elvének megfelelően működtet, azaz az eredeti Bernoulli-képletből levezethetően, a kiinduló gázáramsebesség (v_1) és áramlási keresztmetszet (q_1) szorzata egyenlő a szűkített keresztmetszet (q_2) és az ott kialakult gázáramsebesség (v_2) szorzatával, vagyis

$$q_1 \cdot v_1 = q_2 \cdot v_2$$

Ebből következik, hogy

$$v_2 = \frac{q_1}{q_2} \cdot v_1.$$

azaz a tapadvány kialakulásának tartományában leszűkült áramlási keresztmetszet magasságának térségében a gázáramsebesség, az eredeti és a leszűkült áramlási keresztmetszet hányadosával növelt mértékben nagyobb lesz. Ezt a hatást szemléltettük az 1. ábra bal oldalán található nagyolvasztómetszeten.

Mint hogy a hőátadás és az indirekt vasoxid-redukció folyamatához rendelkezésre álló időtartam a gázsebesség növekedése révén a tapadvány magassági tartományában csökken, így reálisan feltételezhető, hogy a gázkihasználás mértéke ott, a tapadvány vertikális és horizontális kiterjedésének függvényében csökken.

A gáz CO-tartalmával lejátszódó indirekt vasoxid-redukció legkedvezőbb hőmérséklet-tartománya (850–950 °C) [8], az akna alsó zóna térsége. Ezt a térséget az 1. ábra jobb oldalán, a sematikus nagyolvasztóábrán megjelöltük. A kiemelt zóna – hőmérsékletét tekintve – lényegében egybeesik a kohézív zóna szolidusz határológörbéje és annak az aknafal-

ra vetített metszetét jelentő nagyolvasztó aknaszakasszal [9]. A továbbiakban ezt az aknaszakaszt vizsgáljuk részletesen, annak érdekében, hogy a falazaton elhelyezkedő tapadványnak a redukáló gáz metallurgiai kihasználására vonatkozólag releváns megállapításokat tehessünk.

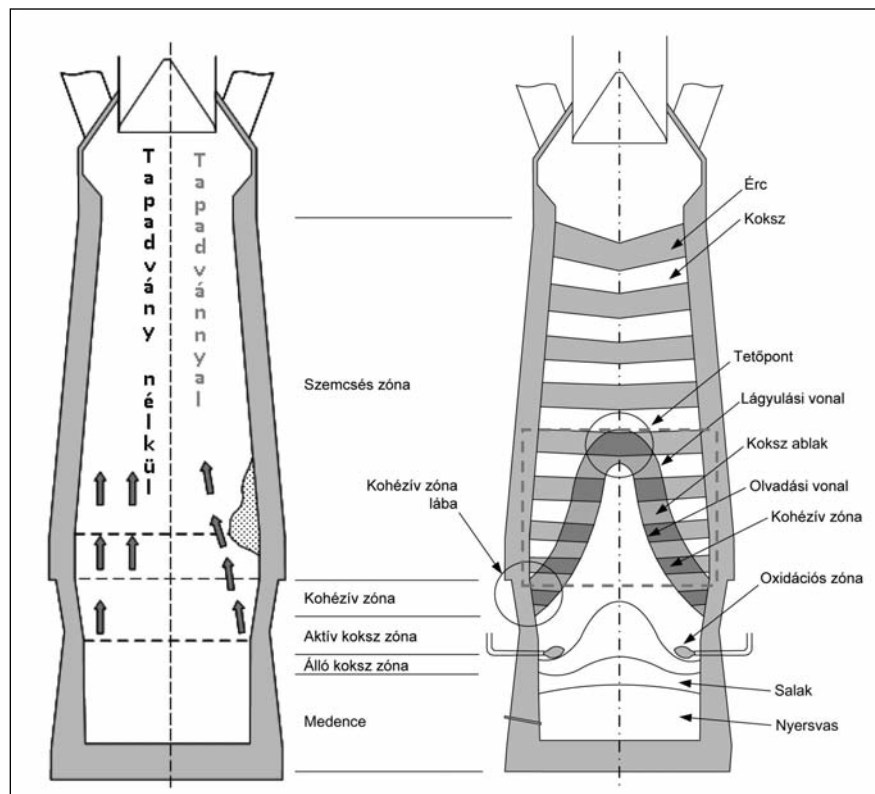
Az elfogadható alapelv szerint, a kialakuló tapadványréteggel helyenként megvastagodott aknafalazat külső – páncélzat felé eső – rétege alapvetően kisebb hőmérsékletű, mint a tapadványmentes falazaté. Azaz azonos hűtővízáram-jellemzők (beáramló hűtővíz-tömegáram, -hőmérséklet) esetén a tapadványréteget hordozó aknafalfelület hűtésével távozó hűtővízhőmérséklet-növekedésének mértéke annál kisebb, minél vastagabb – tehát radiális irányban minél kiterjedtebb – a képződött tapadvány.

Vizsgálat

A vizsgált nagyolvasztó hűtőlapjain soronként elvégzett jellemző hűtővíz-paraméter mérési eredményei megerősítették, hogy a nagyolvasztó nyugvórészére támaszkodó kohézív zóna lábazat csökkenti a felfelé áramló redukáló gáz, falazatnak – és így a hűtővíznek – átadott hőmennyiségét. A nagyolvasztóakna alsó részétől jelentősen nő a hűtővízzel „elszállított” hőmennyiség, ami azt jelzi, hogy a gázok a kohézív zóna koksablakain keresztül a nagyolvasztó szilárd halmazállapotú anyagokat tartalmazó térfogatrészébe kerültek. Ezen magassági szinttől felfelé beszélhetünk klasszikus tapadványképződési folyamatokról, melyek szilárd halmazállapotú elegyalkotókból jönnek létre. A fentieknek megfelelően a kohézív zóna szolidusz határológörbéje és annak az aknafalazatra vetített merőleges metszete által meghatározott zónát tárgyaljuk részletesen az alábbiakban.

A nagyolvasztó egyenletes járata csak úgy valósulhat meg, ha mind a szilárd, mind pedig az olvadékszónában megfelelő mértékű a gázáramlás. Az olvadékszóna vizsgálatától jelen kutatás során eltekintettünk, azt gázáramlás szempontjából megfelelőnek tételeztük fel.

A szilárdzónában a megfelelő mér-



■ 1. ábra. A nagyolvasztó aknafalazatán elhelyezkedő tapadvány hatása a redukálógáz áramlási irányára és a gázkihasználás szempontjából kiemelt jelentőségű nagyolvasztózóna kijelölése

tékű és eloszlású gázáramlást leginkább a gázpermeabilitási és a gázkihasználási paraméterek mutatják. Ezen jellemzők segítségével olyan időszakokat választottunk ki, amely kedvezőnek (megfelelő gázkihasználás és gázpermeabilitás) és ami kedvezőtlennek (csekély gázpermeabilitás és kismértékű gázkihasználás) tekinthető. A gázáramlási szempontból „kedvezőnek” minősítettük azt az időszakokat (2012. 09. 07–17.), ahol:

- az adott időszakra vonatkozó gázkihasználás átlagos értéke > 42%,
- az adott időszakra vonatkozó gázpermeabilitás átlagos értéke > 0,85.

Míg „kedvezőtlennek” tekintettük azt a periódust (2012.10.13–23.), ahol

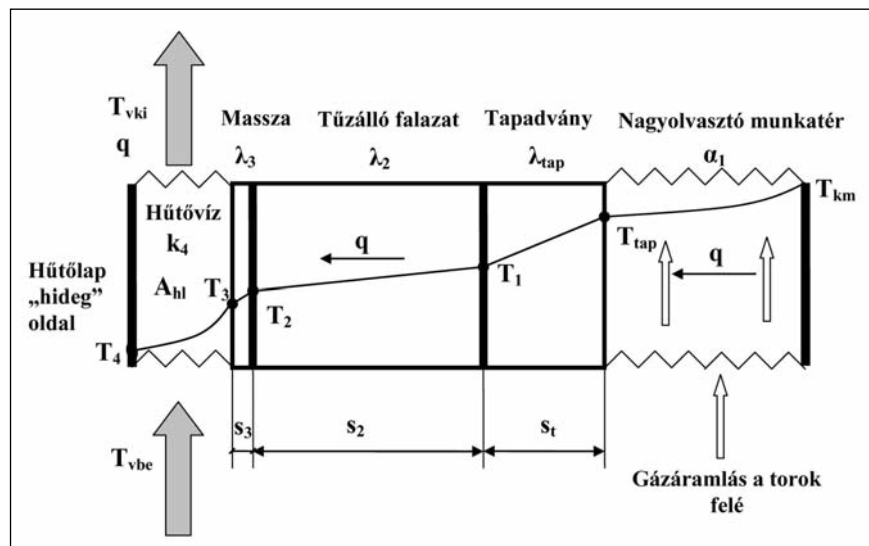
- az adott időszakra vonatkozó gázkihasználás átlagos értéke < 38%,
- az adott időszakra vonatkozó gázpermeabilitás átlagos értéke < 0,75.

A két gázáramlási időszakban a nagyolvasztóba adagolt alapanyagok összetétele és részaránya (60% zsugorítvány és 40% pellet), valamint a torokpáncél-pozíciók is lényegében megegyeztek.

Az eredmények részletezése

A két – gázáramlás szempontjából markánsan különböző – időszak 3000-3000 jellemző paraméterét feldolgozva az alábbi megállapítások tehetők:

- a „kedvező gázáramlási időszak” átlagos falazat- és hűtőlaphőmérsékletek a nagyolvasztóakna alsó részén és az akna középső részén egyértelműen nagyobb értékeket mutatnak, azaz ebben az időszakban a falazaton kismértékű tapadványréteg volt jelen, ami megfelelő gázáramlást biztosított, ellentétben a „kedvezőtlen gázáramlási időszakkal”. Az akna középső része fölötti zóna említett hőmérsékletei nem térnek el markánsan egymástól a két időszakban;
- a tapadvánnyal terhelt falazatú (kedvezőtlen gázáramlási) időszakban – a tapadványok gázáramlási irányt és sebességet módosító hatása miatt – az elegy felszíne felett mért hőmérsékletek – különö-



■ 2. ábra. A nagyolvasztó hűtési modellje beépített hűtőszerviz esetén

A hőátadási modellen feltüntetett jelölések értelmezése:

- T_{km} – a nagyolvasztó-munkatér hőmérséklete a vizsgált hűtőlap környezetében
 T_{tap} – a tapadványréteg nagyolvasztó-munkatér irányába eső felületi hőmérséklete
 T_1 – a samott tűzálló falazatnak a tapadvány irányában eső felületi hőmérséklete
 T_2 – a vizsgált hűtőlap hűtőbordái között elhelyezkedő massa samott tűzállófalazat irányába eső felületi hőmérséklete
 T_3 – a vizsgált hűtőlap „melegoldali” hőmérséklete
 T_4 – a vizsgált hűtőlap „hidegoldali” hőmérséklete
 T_{vbe} – a vizsgált hűtőlapba belépő hűtővíz hőmérséklete
 T_{vki} – a vizsgált hűtőlaphoz távozó hűtővíz hőmérséklete
 S_1 – a tapadvány rétegvastagsága
 S_2 – a samott tűzállófalazat rétegvastagsága
 S_3 – a samott tűzállófalazat és a vizsgált hűtőlap közötti massa rétegvastagsága
 α_1 – a hőátadási tényező a nagyolvasztó munkatérben
 λ_{tap} – a tapadvány hővezetési tényezője
 λ_2 – a samott tűzállófalazat hővezetési tényezője
 λ_3 – a samott tűzállófalazat és a vizsgált hűtőlap közötti massa hővezetési tényezője
 k_4 – a vizsgált hűtőlap hőátviteli tényezője (konstrukciós alapadat)
 A_{hl} – a hűtőlap felülete
 q – hőáramsűrűség

sen a nagyolvasztó tengelye mentén – nagyobbak, mint a tapadványmentes falazatú (kedvező gázáramlási) időszak esetében.

Hőátadási modell kidolgozása

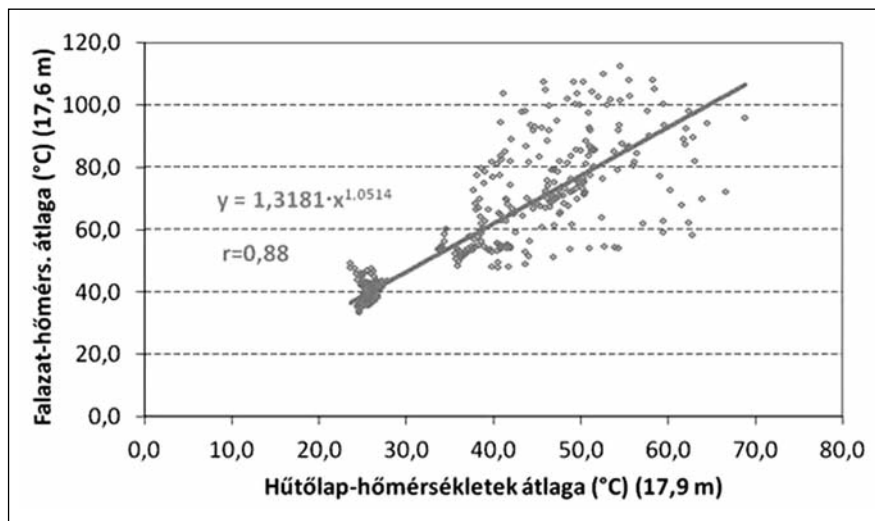
A nagyolvasztóakna hőátadási folyamatainak, a tapadványréteg vastagságának vizsgálatához hőátadási modellt dolgoztunk ki. A korábbi szakirodalomban bemutatott modellhez képest [10], az általunk kidolgozott modell figyelembe veszi a nagyolvasztó-munkatér és a tűzálló falazat közötti hőátadási folyamatot, valamint a különböző tűzálló falazatkomponenseket. A modellben lehetőség van a különböző hőátviteli tényezővel rendelkező hűtőlapok vizsgálatára is. A

modell felépítését a 2. ábra mutatja be.

A könnyebb érthetőség érdekében a hűtőlap nagyolvasztópáncél felé eső oldalát „hidegoldalnak”, míg a munkatér irányába eső oldalt „melegoldalnak” neveztük el.

Hőátadási modell alkalmazása

Annak érdekében, hogy a tapadványképződés, vagy a tapadványleválás folyamata viszonylag egyszerűen mérhető paraméterekkel megfigyelhető legyen, az előzőekben bemutatott hőátadási modellel a nagyolvasztóakna alsó részén elhelyezkedő (17,6 m magassági szint) hűtőlapjainak „hidegoldali”, mért hőmérsékletértékeit vizsgáltuk. Az adott nagyolvasztó vizsgált magassági szintjének



■ 3. ábra. Az akna-alsórész (≈18 m) falazat- és hűtőlap-hőmérsékletei közötti kapcsolat

kiválasztási okát a következő fejezetben részletesen elemezzük.

Ezek alapján a tapadványnak a hűtőlap „hidegoldali” hőmérsékletének függvényében mutatkozó vastagságát meghatározó alábbi regressziós összefüggést állítottuk fel:

$$y = 7633,3 \cdot e^{-0,1204x} \quad r = 0,90 \quad (1)$$

A kedvező korrelációs együtthatóval rendelkező összefüggésben y a tapadvány vastagsága mm-ben, x a hűtőlap „hidegoldali” hőmérséklete °C-ban.

Minthogy a hűtőlap(ok) „hidegoldali” hőmérsékletei (x), és az azonos szinten (17,9 és 17,6 m) mért falazathőmérsékletek (y) között meghatározott, és a 3. ábrán szemléltetett, valamint az

$$y = 1,3181 \cdot x^{1,0514} \quad r = 0,88 \quad (2)$$

képlettel kifejezett összefüggés igen szoros, természetes, hogy a tapadványréteg vastagságát a falazathőmérsékletek függvényében meghatározó

$$y = 4 \cdot 10^7 \cdot x^{-3,246} \quad r = 0,86 \quad (3)$$

egyenlet is erős kapcsolatot tanúsít az y (mm) és az x (°C) értékei között, amint azt a 4. ábrában feldolgozott mérési eredmények mutatják.

A fenti ábra két pontserege a vizsgálatra kiválasztott két periódust (kedvezőtlen és kedvező gázáramlási időszakok) jellemzik.

Igy a rendelkezésre álló és egy-

szerűbben mérhető, vagy legmegbízhatóbb bázisértékeket biztosító paraméterek (hűtőlap- vagy falazathőmérséklet) megválasztásával (esetleg ellenőrzés végett mindkettő figyelembevételével) nyomon követhető a tapadványképződés, ill. -leválás folyamata.

Nagyolvasztóakna-alsórész falazat- és hűtőlap-hőmérsékletek és a gázkihasználás kapcsolata

A nagyolvasztóakna alsó részének (16,0–20,8 m-ig) átlagos falazat- és hűtőlap-hőmérsékletei tehát markánsan különböznek egymástól a vizsgált két időszakban. A kapcsolatrendszer feltárása érdekében, a nagyolvasztó mindkét vizsgált időszakának gázkihasználási adatait (1 óras átlagértékek) együttesen ábrá-

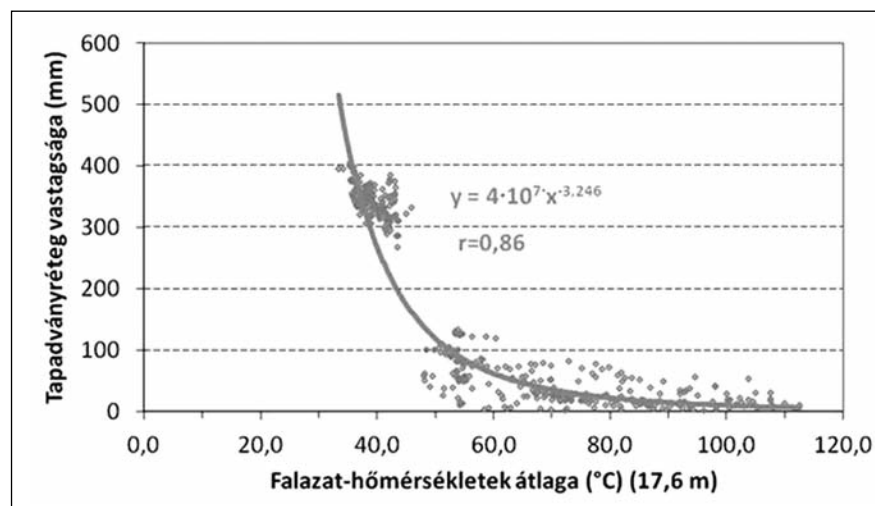
zoltuk az alsó aknarész falazathőmérsékleteinek függvényében az 5. ábrán.

Tapadványképződés szempontjából a kohézió zóna szolidusz hőmérsékleteinek helyét jelző „harangfelület”, illetőleg függőleges metszetében a „haranggörbe” magassága által meghatározott akna-alsórésznek van kiemelkedő jelentősége. A vonatkozó nyomásviszonyok arra utalnak, hogy ennek – az időben kismértékben változó kiterjedésű – tartománynak a magasságában helyezkednek el a vizsgált nagyolvasztó ≈ 16, ≈ 18 és ≈ 21 m-es magasságának kerületein működő mérőhelyek.

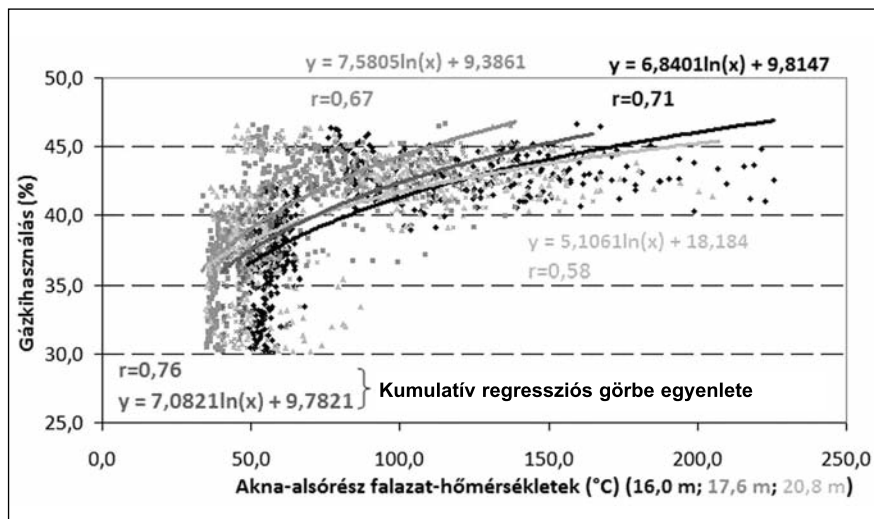
A nagyolvasztóakna alsó részének három különböző magassági szintjére vonatkozó mérési adatok felhasználásával végzett regresszióanalízis eredményét az 5. ábrán megjelenített három regressziós görbe, illetve azok korrelációs együtthatói mutatják. Az ábrán bemutatott összefüggések egyértelmű tájékoztatást adnak az akna alsó részének falazathőmérsékletei és a gázkihasználás mértékének változása között.

A gáz CO-tartalmával lejátszódó indirekt vasoxid-redukció legkedvezőbb hőmérséklet-tartományát (850–950 °C) magába foglaló három mérési zóna (16,0; 17,6 és 20,8 m) 4,8 m kiterjedésű aknatartományára vonatkoztatott mérési adatok regresszióanalízisének eredményeként az alábbi matematikai formulák születtek:

$$16,0 \text{ m-es magasságra vonatkozólag} \quad y = 6,8401 \cdot \ln x + 9,82 \quad r = 0,71 \quad (4)$$



■ 4. ábra. Az akna-alsórész (≈18 m) falazathőmérsékletei és az ott létrejött tapadványvastagság összefüggése



■ 5. ábra. Az akna-alsórész falazat-hőmérsékletei és a gázkihasználás kapcsolata

17,6 m-es magasságra vonatkozólag
 $y = 7,5805 \cdot \ln x + 9,39$ $r = 0,67$ (5)

20,8 m-es magasságra vonatkozólag
 $y = 5,1061 \cdot \ln x + 18,18$ $r = 0,58$ (6)

ahol y a gáz CO-kihasználása

$$(\eta_{CO} = \frac{CO_2}{CO+CO_2} \cdot 100,$$

térfogat %-ban, CO és CO₂ a torokgáz alkotói, térfogat %-ban kifejezve, x az akna-alsórész falazat-hőmérséklete, °C-ban.

A matematikai összefüggések, illetve az azokat megjelenítő regressziós görbék láthatóan jól harmonizálnak, és a folyamatra ható más tényezők (a hidegszélnyomás, a koks reakcióképessége, az érc redukálhatósága, a primersalak-képződés, az elegyalkotók és a koks elrendeződése stb.) közreműködésének szem előtt tartásával, jónak mondható korrelációs együtthatók is a sztochasztikus kapcsolat erősségét tanúsítják.

Az akna térségében süllyedő anyagáram irányába haladva látható, hogy egyre mélyebb (20,8; 17,6; 16,0 m) aknamagasságok mérési szintjeire vonatkozó függvénykapcsolat erőssége (r) fokozatosan növekszik (0,58; 0,67; 0,71), arról tanúskodva, hogy az akna alsó tartományaiban a tapadvány(ok) kialakulásának hatása a gázkihasználásra egyértelműbb, mint a felsőbb zónákban.

Az akna-alsórész bemutatott három meghatározó magassági szintjének falazat-hőmérséklet átlagértékei mutatják a legerősebb korrelációs

kapcsolatot ($r = 0,76$) a gázkihasználással, mutatva azt, hogy mindhárom szint együttes kumulatív hatása egyértelműbben befolyásolja a gázkihasználás mértékét.

Ennek a megállapításnak alapja és oka minden bizonnyal a gázáramlási viszonyoknak, az akna alsó térségében kialakult speciális módozatában rejlik. Ugyanis az akna egyre mélyülő tartományában – a kohézív zóna megjelenésének következtében – a felső (szilárd) zónákban még kör keresztmetszetű áramlási felülete, egyre kisebb szélességű körgyűrűvé válva, lecsökkent áramlási felületet hoz létre. Következésképpen valamely adott és azonos nagyságú tapadvány a leszűkült áramlási keresztmetszetnek nagyobb hányadát zárja el és ennek arányában megnövekedett gázsebességet, s így kisebb tar-

tózkodási időt generálva, a gázkihasználás csökkentésére határozottabb hatást fejt ki.

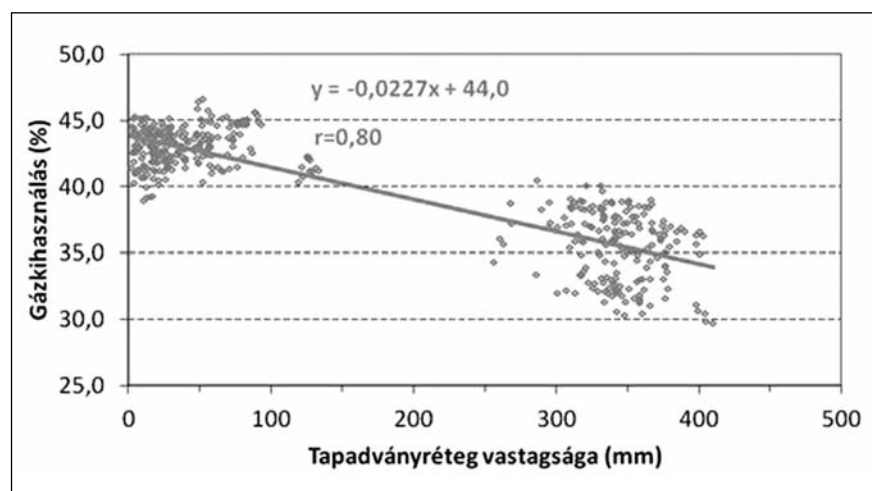
A gázkihasználás értékei – mivel a torokgázelemzés eredményeire épülnek – természetesen a különböző magassági zónákban képződött tapadványok arra gyakorolt hatásainak összességét mutatják. A ≈ 16 , ≈ 18 és ≈ 21 m-es zónák mérési eredményeinek elkülönített vizsgálata ezért csak kiegészítő jellegű és csupán a sztochasztikus kapcsolatok erősségének (korrelációs együtthatók) kialakításában tanúsított szerepük viszonylagos mértékének feltárását szolgálja.

A kapott eredmények – mérési zónáktól elkülönített – összevont értékelése révén meghatározott kumulatív regressziós görbe matematikai egyenletét az alábbi formula adja:

$$y = 7,0821 \cdot \ln x + 9,78 \quad r = 0,76 \quad (7)$$

amely függvényt az 5. ábra szintén megjeleníti. (Az x és y jelentése azonos a zónákra vonatkoztatott egyenletekével.) A kumulatív görbe láthatóan jól általánosítja az egyes mérési síkokra vonatkozó eredményeket, jó korrelációs együtthatót produkálva.

Ugyanakkor a 60–80 °C-os hőmérséklet-tartományban – amely egyfajta választóvonalnak tekinthető a tapadvánnyal terhelt illetve a tapadványmentes falazat között – a 17,6 m-es magasságban mért eredményeket hordozó összefüggés és annak regressziós görbéje tanúsítja a legreálisabb kölcsönhatást, amint azt



■ 6. ábra. Az akna alsórészének (≈ 18 m) tapadványréteg-vastagsága és a nagyolvasztó gázkihasználása közötti összefüggés

az 5. ábra egyértelműen mutatja. Ezért és a megjelölt magassági zónában rendelkezésre álló hűtőlap-hőmérsékleti mérési lehetőségek eredményeinek felhasználhatósága miatt a továbbiakban a 17,6 m ill. a 17,9 m-es zóna képezi a vizsgált tartományt.

Az 5. ábrán feltűnik, hogy a gázkihasználás változását az aknahőmérsékletek módosulásának függvényében bemutató pontsereg mezője ≈ 80 °C-os falazat-hőmérsékletekig, csekély mértékben növekvő falazat-hőmérsékletekre is ugrásszerűen emelkedik, minthogy – a 4. ábra tanúsága szerint – ebben a ≈ 80 °C-ig növekvő hőmérséklet-tartományban csökken a tapadványréteg vastagsága a legnagyobb intenzitással. A tapadványréteg megszűnése, vagy hiánya esetén a gázkihasználás gyakorlatilag beáll az arra ható ismert tényezők által meghatározott érték-sávba. Azaz a pontsereg mezője a falazat-hőmérséklet további növekedésétől csaknem függetlenné válik, s így az ábrázolásban gyakorlatilag közel vízszintes marad. A pontsereg mezőszájának 60–80 °C-on bekövetkező, közel 90°-os törését a regressziós görbék nem követ(het)ik tökéletesen.

Megállapítható tehát, hogy ≈ 80 °C-nál nagyobb falazat-hőmérséklet-nél, annak növekedése gyakorlatilag már nincs számottevő összefüggésben a gázkihasználással, minthogy az arra ható tapadvány jelenléte már csekély.

A tapadványréteg vastagsága és a gázkihasználás kapcsolata

A tapadványképződés és a gázkihasználás összefüggéseiről 6. ábra nyújt tájékoztatást, melyben a regressziós görbe egyenlete:

$$y = -0,0227 \cdot x + 44,0 \quad r = 0,80 \quad (8)$$

Ennek megfelelően a tapadványréteg vastagságának minden 10 mm-es növekedése a CO-kihasználást 0,227%-kal csökkenti, következésképpen a fajlagos kokszfogyasztást 1,6 kg/t nyv., a CO₂-emissziót pedig 5,2 kg/t nyv. mennyiséggel növeli. Az ábrán – hasonlóan a korábban bemu-

tatottakéhoz – a két, a gázáramlás szempontjából markánsan különböző adathalmaz elkülönül egymástól.

Összefoglalás

A nagyolvasztóba kerülő alkáliák és cink egyik káros hatása a falazaton kialakuló tapadványképzésben betöltött szerepük. A tapadványok számos problémát okozhatnak a nyersvasgyártás során, melyek közül az egyik legfontosabb a gázáramlást módosító hatásuk. Ennek meghatározása érdekében vizsgálatokat végeztünk a gázkihasználás mértékének módosulására vonatkozóan az ISD Dunafer Zrt. 2. sz. nagyolvasztóján különböző mértékű tapadvánnyal terhelt falazat esetén.

A vizsgálatokhoz egy hőátadási modellt állítottunk fel, amelynek segítségével – a tapadvány hővezetési tényezőjének ismeretében – a hűtőlap ún. „hidegoldali” ill. a falazat-hőmérséklete alapján sikerült meghatározni a tapadvány rétegvastagságát.

A vizsgálatok elsősorban a gázkihasználás és a tapadvány rétegvastagsága közötti kapcsolatra terjedtek ki. Az eredmények azt bizonyítják, hogy a kohézív zóna szolidusz görbéje és annak falazatra eső merőleges vetülete által határolt aknatér fogatrész kiemelt jelentőségű a gázkihasználás szempontjából. Azaz abban az esetben, ha az említett térfogatrészben tapadványképződés következik be, az jelentős mértékben – 10 mm rétegvastagság növekedés esetén 0,23%-kal – csökkenti a gázkihasználás mértékét.

Ennek oka, hogy az említett zónában megy végbe a CO-val történő indirekt redukció jelentős része, másrészt pedig, hogy a kohézív zóna által egyébként is szűkebb térfogatrészben kialakult tapadvány tovább csökkenti a szabad áramlási keresztmetszetet. Ennek következtében a gázsebesség megnő, ami a CO-val történő gázredukció időfaktora miatt, csökkenő CO-kihasználást eredményez a redukáló gázban.

A tapadványképződés ellenőrzése tehát alapvető fontosságú a nagyolvasztót üzemeltetők számára mind energetikai, mind környezetvédelmi szempontból.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ez úton szeretnék megköszönni az ISD Dunafer Zrt. Nagyolvasztómű, Technológiai Igazgatóság, Energetikai Igazgatóság, Anyagvizsgáló és Kalibráló Laboratóriumok Igazgatóság vezetőinek, munkatársa-
inak valamint a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Intézeti Tanszék és a Kerámia- és Szilikát-mérnöki Intézeti Tanszék dolgozóinak a munkájukhoz biztosított támogatását.

Irodalom

- [1] Lin, R., Harting, W., Hochhaus, J.: Investigation of chlorine and alkali impacts on the blast furnace operation. The 5th European Coke and Ironmaking Congress. 12–15 June 2005, Stockholm, Sweden
- [2] Hári L.: A cianidok képződésének sajátosságai a nyersvasgyártásban. BKL Kohászat 2002. február–március. 135. évfolyam, 2-3. szám
- [3] Zhou, Q., Bi, X.: The circulation of alkalis and fluorine in the blast furnace and their detrimental effects on the reduction degradation of sinter and pellets. Scandinavian Journal of Metallurgy, Vol.16, No. 2. 1987, pp 57–66.
- [4] Benesch, R., Ledzki, A., Kopec, P., Stachura, R., Migas, P., Klimczyk, A., Mazanek, K.: Behaviour of alkalies in sintering and blast furnace processes – the alkalies balances at Sendzimir steel plant. Metallurgy and Foundry Engineering, 1997, Vol. 23., No. 3, pp 291–307.
- [5] Zherebin, B. N.: Zinc in blast furnaces. Steel, 1991, pp 451–452.
- [6] Chernov, N. N., Demidenko, T. V., Marder B. F., Pochekailo, I. E., Taranovskii, V. V.: Distribution of alkali compounds in a large blast furnace. Metallurg, No. 5. May, 1983, pp 12–14.
- [7] Erikson, J.: Accretion formation in the blast furnace. Examination of accretions in LKAB's EBF. MEPOS presentation
- [8] Farkas O.: Nyersvasmetallurgia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
- [9] Development of the ULCOS Low CO₂ Blast Furnace Process at the LKAB Experimental BF in Lulea; J. van der Stel et al., paper presented at METEC 27 June–1 July 2011, Düsseldorf.
- [10] EC Cont. No.:7210-PR/199. Investigation of accretion formation in a blast furnace shaft. 2005. pp 52–53.

RALF BOEHM – JÜRGEN ASAL – BERNHARD MÜNKER

Út a gazdaságos és károsanyag-kibocsátástól mentes öntészet felé

A fenntartható, energia- és erőforrás-hatékony folyamatok felé vezető úton az öntészetben a szervesen kötőanyagok egyre inkább a stratégiai döntések gyűjtőpontjába kerülnek. Ebben döntő szerepet játszanak a közgazdasági szempontok.

Bevezetés

A már bevezetett termékek gyártásának átállítása a meglévő termelési rendszertől függően igen nagy ráfordítással jár. A maggyártás megváltoztatását különösen sokféle korlátozás érinti, amelyek új tervezés esetében nem állnak fenn. Mindezek nem csak az alkatrészek kialakítására érvényesek, hanem a gyártási folyamatokra és berendezésekre is.

A magok és öntvények kialakításakor például alkalmazkodni kell a kötőanyagrendszer speciális tulajdonságaihoz. A kötőanyagrendszer változtatásakor figyelembe kell venni az öntvénykonstrukció és az öntés támasztotta igényeket is. Emiatt nagy jelentősége van az alkatrészfejlesztők, szerszámtervezők és öntészek időben megkezdett együttműködésének. Minden érintett intenzív és közös munkája a siker legfontosabb záloga a szervesen kötőanyagok sorozatgyártásban történő felhasználása során.

A fenti együttműködés keretében a Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH-nál sikerült olyan kötőanyagrendszert kifejleszteni, amely összemérhető a piacon jelenleg forgalomban levő szerves kötőanyagokkal,

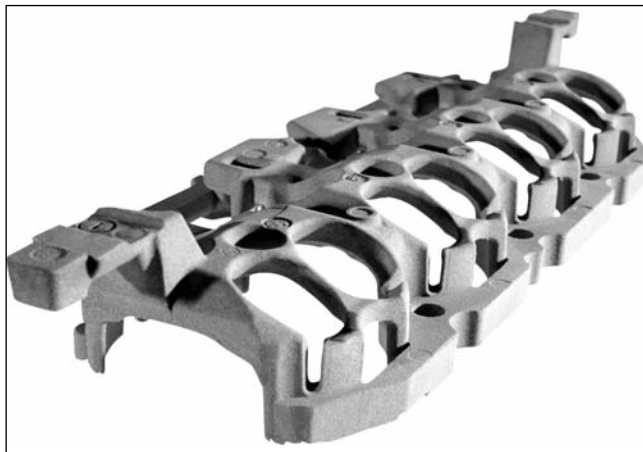
ezen felül jelentős előnyökkel rendelkezik a károsanyag-kibocsátás csökkentése és a termelékenység fokozása terén. Az új kötőanyagrendszer használatának és az időben optimalizált gyártási körülményeknek az összekapcsolása kezdettől fogva a folyamat gazdaságos és teljes körű megvalósítását biztosítja.

Kiindulási helyzet

Az untertürkheimi Mercedes-Benz gyár könnyűfémöntődjében többek között személygépkocsikhoz és könnyű haszongépjárművekhez öntenek hengerfejeket statikus és dinamikus gravitációs öntési eljárásokkal. A külső kontúrokat acélkokillákkal, míg a bonyolult belső kontúrokat homokmagok segítségével alakítják ki (1. kép). Az öntődobban a magkészítési eljárás kiválasztása döntően befolyásolja mind a károsanyag-kibocsátást, mind a költségeket.

tési eljárás kiválasztása döntően befolyásolja mind a károsanyag-kibocsátást, mind a költségeket.

A könnyűfémöntészetben túlnyomórészt a már kiforrott és igen termelékeny hidegmagszekerényes (cold-box) eljárást használják a hengerfejek sorozatgyártásához. Jellemzően a hidegmagszekerényes eljárás határozza meg a teljes gyártási infrastruktúrát a szerszámtervezéstől a szimuláción, a szerszámkészítésem, a magkészítő berendezéseken és az öntődobon át egészen a mageltávolítá-



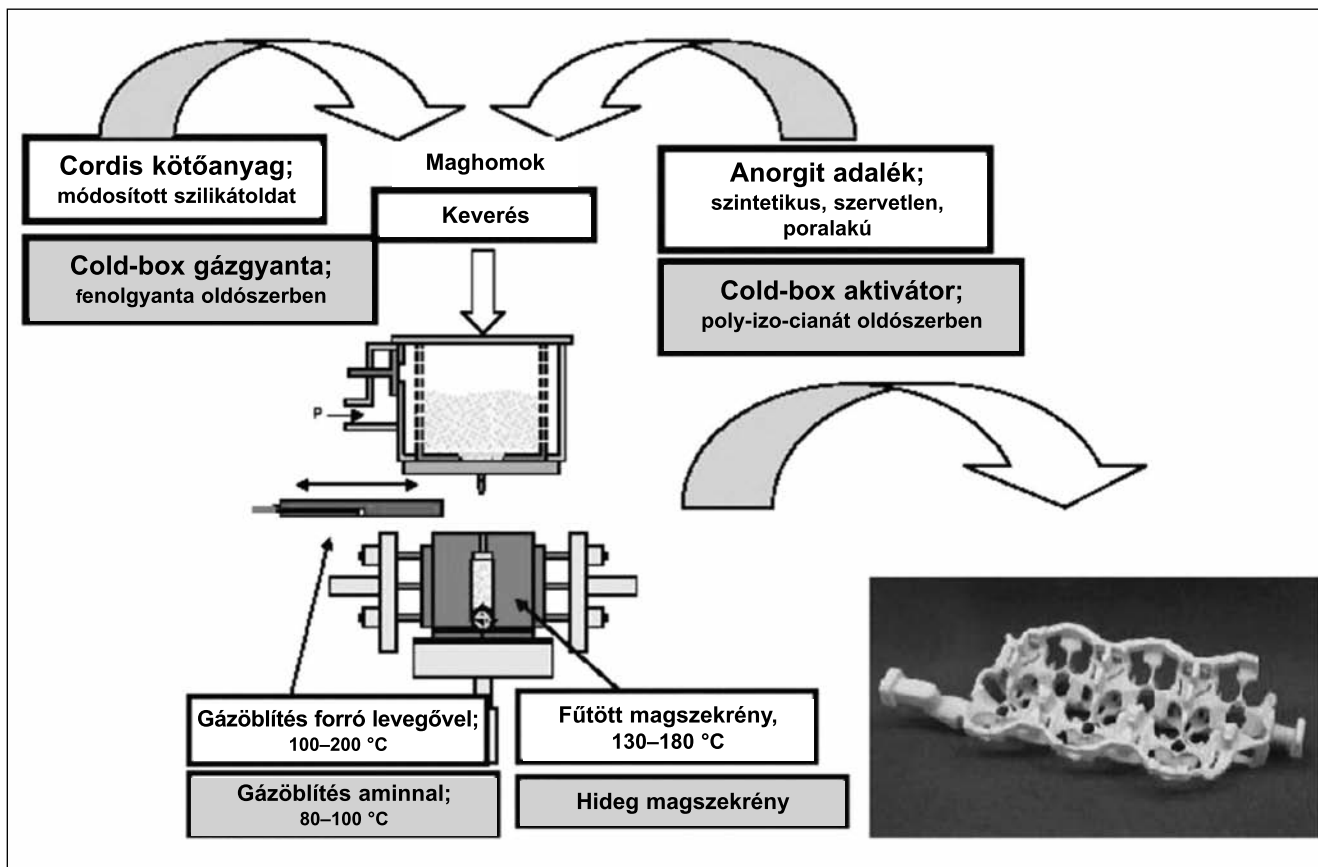
■ 1. kép. Szervesen kötőanyaggal előállított víztérmag



■ 2. kép. A cold-box- és a Cordis-eljárás károsanyag-kibocsátásának összehasonlítása

Boehm, Ralf, Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, termékmenedzser

Asal, Jürgen, Lüber GmbH, a meglévő gépek terület vezetője
Münker, Bernhard, Daimler AG, Mercedes-Benz Werk Untertürkheim, a gravitációs öntéstechnológia-transzfer vezetője



■ 3. kép. A szervesetlen kötőanyagrendszer összehasonlítása a cold-box eljárással

sig és a maghomok regenerálásáig. Rendszerszinten kétségtelenül csak részlegesen lehetséges az eljárás átalakítása. Így például a magkészítésnél és az öntésnél a káros anyagokat elvezetik, de azok egyes alkotórészeit az elszívott levegőből külön kell leválasztani. Törvényalkotói oldalról emellett a jövőben számolni kell a határértékek további szigorításával (2. kép).

Szervesetlen kötőanyagok

Az öntészetben mag- és formakészítésre már az ötvenes évek óta használják kötőanyagként a szervesetlen szilikátokat, a forma- és magkészítési technológiák jól ismert változata az ún. vízüveg-CO₂-eljárás. A hidegen kötő szilikátos kötőanyagrendszereket, amelyeknél például szerves észtereket használnak térhálósítóként, túlnyomórészt nagy vasöntvények formakészítése során alkalmazzák.

Az alumínium kokillaöntvények sorozatgyártása esetén így logikus lépés lenne a vízüveg-CO₂-eljárás alkalmazása a károsanyag-kibocsátás, a kondenzátumok és a szagok

csökkentésére. Ez az eljárás azonban a rövid ütemidejű sorozatgyártásban több okból – a homokkeverék rossz folyékonysága, a magok lassú kötése és nem kielégítő tárolhatósága miatt – nem alkalmazható.

A „Cordis” márkanévű szervesetlen kötőanyaggal a Hüttenes-Albertusnak sikerült olyan terméket kifejlesztenie, amelynek segítségével az elérhető öntési minőség összemérhető a piacon jelenleg megtalálható szerves kötőanyagokéval, ezen felül jelentős előnyökkel rendelkezik a károsanyag-kibocsátás csökkentése és a termelékenység növelése területén is.

A Cordis kötőanyagrendszer teljes körű szervesetlen, kétkomponensű rendszer, amelynek alkotórésze a Cordis kötőanyag és az Anorgit adalékanyag. A vízbázisú kötőanyag módosított szilikátoldat.

Magkészítés

A szervesetlen kötőanyagok használata (3. kép) új követelményeket támaszt a maglövő gépekkel szemben, hogy biztosítani lehessen a sorozatgyártású homokmagok optimális gyártását.

A fő követelmények röviden az alábbiak:

- változtatások a maglövő gépen a szervesetlen maghomokkeverék cold-box maghomokkeverékhez mérten valamivel rosszabb folyékonyságának kompenzálására;
- a homokkeverék „kiszáradásának” megakadályozása a keverés és a belövés között;
- állandó öblítési hőmérséklet biztosítása forró levegővel a mag teljes kötési ideje alatt;
- a szerszámok egyenletes, szabályozható fűtése.

A már meglévő maglövő gépek mellett további kapacitásokat kellett létrehozni, hogy az alumínium hengerfejek iránti keresletet ki lehessen elégíteni.

A bazenheidi székhelyű svájci Lüber GmbH 40 éves cégtörténetre tekint vissza. Az 1972-ben alapított vállalkozás mára globális tevékenységű vállalatává vált, a nemzetközi piacra szállít kiváló minőségű gázélesztős és forrólevegős maglövő gépeket, továbbá homok-előkészítő, tároló- és adagolóberendezéseket minden ismert aminfajtához és kötőanyagrendszerhez.



■ 4. kép. Lüber maglövőgépek



■ 5. kép. A Lüber maglövőgépek homokellátása

A svájci vállalat magát ügyfél- és ipárgspecifikus berendezések teljes körű szállítójaként határozza meg minden hideg- és melegmagszekrényes maggyártási eljáráshoz – a tervezéstől a kulcsrakész beruházásig. 2010 óta a Lüber GmbH termékportfólióját tovább bővítette a maglövő gépek fejlesztésével és gyártásával, különös tekintettel a szervetlen kötőanyagokkal történő maggyártásra.

A legnagyobb öntészeti szakvásáron, a GIFA-n 2011-ben mutatták be nemzetközi közönség előtt az első LÜBER maglövő gépet. Időközben a végső kialakítású gép (4. kép) is piacra került teljesen automata, vezetéknélküli elosztókocsit tartalmazó homokelosztóval rendelkező központi, szervetlen kötőanyagmaghomokkeveréket előkészítő berendezéssel (5. kép).

Az új maglövőgépek fejlesztésekor nagy hangsúlyt fektettek a berendezések ergonomiájára és az erőforrások fenntartható felhasználására. Az új követelményeket a Daimler AG, a Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH és a Lüber GmbH közös mérnökcsapata dolgozta ki és léptette életbe.

Az új maglövőgépek legfontosabb műszaki újításai a következők:

- a szita lövőhenger automatikus cseréje szabványosított lövőhenger cserével (6. kép);
- a felső szerszámrész forgatása rögzített állapotban ellenőrzéshez és a kontúrfelület tisztításához (7. kép);
- újragondolt belövőrendszer a szerszámműregben történő jobb homoktömörítéshez;
- elektronikusan szabályozott fűtőkörök a szerszám fűtéséhez;
- gépen belüli zárt homokrendszer a

maghomokkeverék kiszáradásának elkerüléséhez;

- minden homokkal érintkező alkatrész vízűtése;
- lézerszondás vezérlésű homoksintszabályozás a belövőegységben;
- ciklon a szállópor leválasztásához a lövés végén;
- új fejlesztésű, energiahatékony hidraulikus rendszer;
- új fejlesztésű kezelőfelület adatbázisrendszerrel;
- ergonomikus gépalkakítás az üzemeltetéshez és karbantartáshoz.

Egy új mag sorozatgyártásba vételével kínálkozott a lehetőség, hogy új gyártási rendszereket építsünk be a már meglévő gyártási sorokba vagy azok mellé.

Az új kötőanyagrendszer használatának és az időben optimalizált gyártási körülményeknek az összekapcsolása kezdettől fogva lehetővé tett bizonyos kiigazításokat. A teljesen új kötőanyagrendszer bevezetése a módosított magkialakítással, a szerszámok másfajta felépítésével, továbbá a maggyártás és öntés egyes folyamatainak átalakításával együtt aprólékos előkészítést és minden érintett részéről teljes odafigyelést igényelt.

A kísérleti eredmények érvényesítő ellenőrzése

Az egy éven át tartó vizsgálatok és teszt sorozatok során bizonyíthatóvá vált a Cordis szervetlen kötőanyagrendszer teljesítőképessége, így semmi sem gátolta a sorozatgyártásban történő alkalmazását.

A szervetlen kötőanyagrendszer várt előnyei a sorozatgyártás során tel-



■ 6. kép. Szabványosított lövőszita csere



■ 7. kép. A szerszám 90°-ban elforgatott felsőrése a Lüber maglövőgépen

jes mértékben bebizonyosodtak, pedig nem is aknáztuk ki a termékben rejlő összes lehetőséget, így pl. a kokilla-hőmérséklet csökkentését az öntvény tulajdonságainak javítása érdekében.

A károsanyag-kibocsátás várt csökkenését belső mérésekkel igazoltuk. A magkésztésnél az összes karbon értékeket több mint 97%-kal csökkentettük. Az öntés során ezek az értékek több mint 99%-kal csökkentek, így mindkét területen jóval alatta maradtak a mai, levegőtisztítás nélküli határértékeknek. Ezen kívül elmarad még a kondenzátumok szárazjéggel történő eltávolítása, amelyre eddig műszakonként többször is szükség volt.

Gazdasági szempontok

A fentiekén túl a szervesetlen kötőanyagrendszerek alkalmazásának gazdasági előnyei is vannak. A költség/haszon viszonyszámok vizsgálatkor beigazolódott, hogy a szervesetlen kötőanyagok melletti döntés hosszú távon megtérül.

– A meglévő beruházásokat minden további nélkül lehet használni →

– Elérhető a ma alkalmazott ütem-idők →

– A kötőanyagköltségek összemérhetők →

– A kibocsátott levegő tisztításának elmaradása a magkésztés és az öntés során ↓

– A magkezelés automatizálása ↓

– A magszekrények jobb rendelkezésre állása, kisebb kopása ↓

– Hasonló vagy jobb öntvényminőség ↓

– Stabil és megbízható folyamat ↓

– Energiaköltségek növekedése (szerszámfűtés, a belövőfej hűtőegységei) ↑

– Szerszámköltségek növekedése (fűtés, fűvókák, kikönnnyítések) ↑

Regenerálás

A képződő használt homok jelentős mennyisége miatt a maghomok újrafeldolgozása központi kérdés a szervesetlen kötőanyagok bevezetésekor.

Különböző próbaadagok regenerálása, kiterjedt vizsgálatok és az ezekből nyert ismeretek alapján a

technológiai fejlesztés egyik következő lépése lesz egy homokregeneráló berendezés beüzemelése. Ezzel mindenre kiterjedő, zárt homokkörforgás jön létre.

Összefoglaló és kitekintés

A hengerfejöntészetben nincs alternatívája a szervesetlen kötőanyagok további terjedésének. Azt, hogy megéri átállni a szervesetlen kötőanyagok használatára, bizonyítják a rövid átfutási idők, a kevesebb manuális ráfordítás és a költséges, a károsanyag-kibocsátás elkerülésére ill. a káros anyagok kezelésére szolgáló műszaki berendezések beszerzésének, telepítésének és működtetésének elmaradása.

A környezet- és munkavédelem, továbbá a fenntartható és gazdaságos működés az öntészet egyik legfontosabb kihívása lesz a jövőben. A szervesetlen kötőanyagrendszerek, a kapcsolódó folyamatok és termékek további fejlesztésével ezek a kihívások leküzdhetők.

Fordította: Lakatos Dániel

SÉLEI ANETT

Vékonyfalú, ferrites alapszövetű gömbgrafitos öntöttvas gyártása hőkezelés nélkül

A megrendelők egyik legfontosabb igénye a folyamatok költségcsökkentés, ami a technológiák fejlesztésével valósítható meg. A cikk ismerteti az utólagos hőkezelési eljárás megszüntetésére irányuló gyártmányfejlesztést, amellyel a termék-előállítás költsége a megrendelőnél jelentősen csökkenthető. Az olvasztástechnológia fejlesztése segítségével, a vékony öntvényrészek esetében is sikerült olyan kis keménységű, nagymértékben ferrites szövetszerkezetű gömbgrafitos öntöttvasat előállítani, amely a vevői elvárásnak megfelel. Az eljárás lényege a szigorú metallurgiai előírások betartása, illetve a megfelelő hűlési viszonyok kialakítása az öntés kezdetétől az ürítés végéig.

Bevezetés

A nyugat-európai megrendelő igen változatos méretű és kivitelű raklapemelő békát gyárt. A megrendelő által előírt műszaki követelmény az EN GJS 400-15 gömbgrafitos öntöttvas, amelynek 5–90 mm-es falvastagság esetében is, hőkezelés nélkül max. 160 HB keménységnek kell megfelelnie, ezáltal biztosítani a gyors és könnyű megmunkálhatóságot, valamint a méretpontos öntvénygyártást. A szigorú keménységi érték előírásának az az oka, hogy az öntvényeket nagy hatékonyságú célgépeken, igen nagy fordulatszámon munkálják meg, mivel csak így érhető el a megfelelő mennyiségű öntvény megmunkálása egységnyi idő alatt (3 db/perc). A különböző falvastag-

Sélei Anett 2013-ban végzett a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán, anyagmérnök szakon, öntész-fémelőállító szakirányon. Jelenleg a Szegedi Öntőde Kft.-nél dolgozik technológus beosztásban. Emellett foglalkozik szimulációs vizsgálatokkal is.

sági viszonyok az 1. képen láthatóak.

A megrendelő előző szállítója az öntvények kis keménységét csak hőkezeléssel tudta biztosítani, ami költséges és kényes. A hőkezelt öntvények gyakran deformálódtak, méreteik nem voltak megfelelőek. A vetemedett öntvények egyengetése többletköltséget jelentett a megrendelő számára. A deformáció elkerülésének érdekében az öntvényen belül távtartókat helyeztek el, ami a maggyártási és öntvénytisztítási folyamat bonyolultságát növelte.

Az öntvényár csökkentéséhez, optimalizálásához, valamint az öntvény alakjának megtartásához a hőkezelési folyamat elhagyása bizonyult szükségesnek, amit beszállító váltással kívánt megvalósítani a megrendelő. A megbízás alapján öntödénknél hőkezelés nélkül, öntött állapotban kellett ugyanazt a kis keménységet biztosítani a különböző falvastagságok esetében is, mint amit az előző beszállító csak hőkezeléssel tudott elérni.

A megrendelő a gyártáshoz biztosította a DISAMATIC formaszekerény nélküli formázógépre tervezett mintalapokat, amelyekkel korábban az előző beszállító gyártotta az öntvényeket.

A speciális olvasztástechnológiai fejlesztés legfontosabb kritériuma, hogy az alkalmazásra kerülő technológia a sorozatgyártás alatt megfelelő biztonsággal tudja garantálni a kis keménységű öntvényeket, a lehető leggazdaságosabban.

1. Az olvasztástechnológia tervezése

Az öntöttvas keménységét számos tényező befolyásolhatja: az öntöttvas kémiai összetétele, az olvasztási technológia vezetése, az olvadék kezelé-

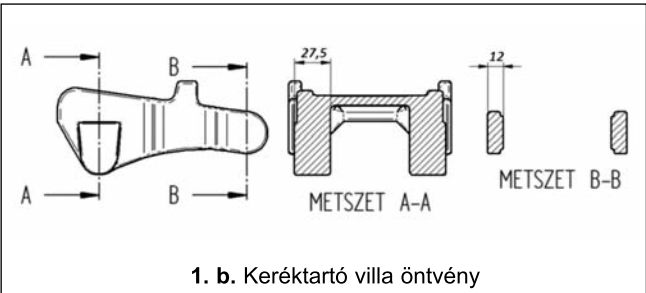
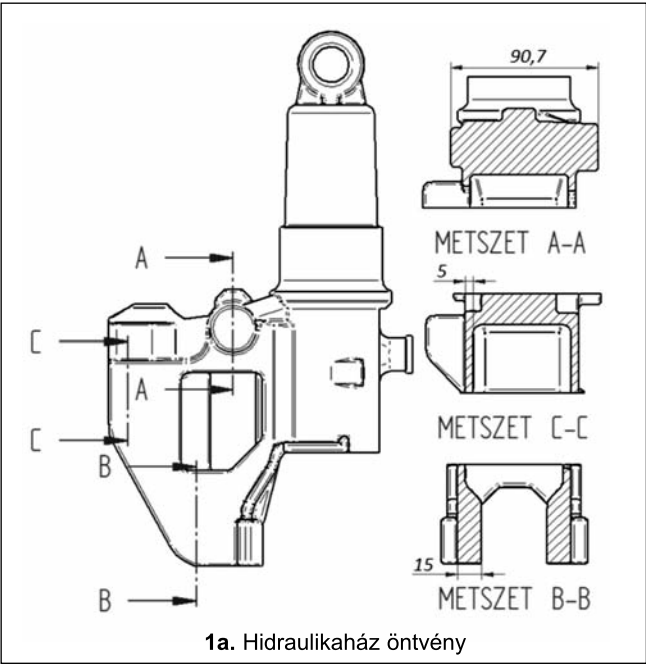
se, valamint a lehűlés sebessége.

Ahhoz, hogy megfelelő minőségű öntvényt gyártsunk, a felsorolt tényezők figyelembevételével kell az olvasztási folyamatot megvalósítani, az általunk alkalmazott EN GJS 400-15 vizsgálat alapján. A korábbi gyártások eredményei alapján vizsgáltuk a külön öntött próbatetek mechanikai tulajdonságait, továbbá az egyes adagok kémiai összetételét, a próbapálcák szövetszerkezetét.

Az 1. táblázatban látható, hogy az A gyártás keménységi értéke a többi gyártáshoz képest nagyobb, ami a szövetszerkezetek összehasonlításán is jól látható, a ferrit százalékos mennyisége ennél a gyártásnál kisebb.

A 2. képen látható, hogy a keménység csökkenésével a ferrit százalékos mennyisége növekedett.

A ferrit-perlit arányának változtatásával jelentősen befolyásolható az öntöttvas mechanikai tulajdonsága, keménysége elsősorban a kémiai összetételtől függően [2]. Az öntöttvas keménysége, az alapszövettől függ, annál nagyobb, minél több a perlit százalékos mennyisége, vagyis minél nagyobb a kötött karbontartalom [1].



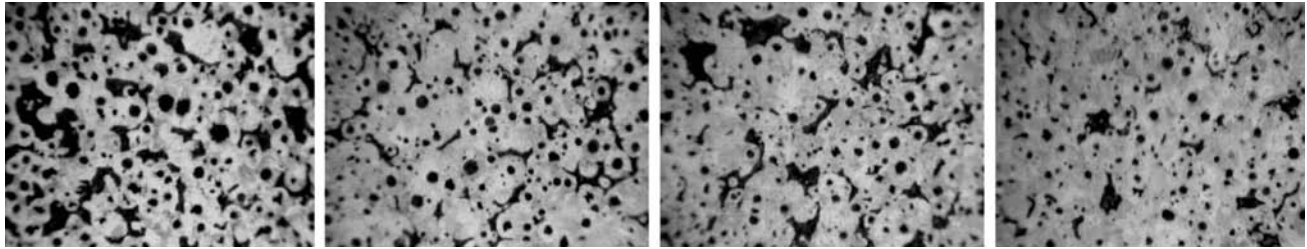
1. kép. Falvastagság viszonyok a különböző metszetekben

1. táblázat. Különböző adagszámú próbatetekeken mért mechanikai tulajdonságok átlagértékei

	Brinell- keménység HB	Szakító- szilárdság N/mm ²	Nyúlás %	C%	Si%	Mn%	
A gyártás	168	493	20	Az egyes alkotók a különböző adagszámú olvasztások során közel azonos értékűek.			0,50
B gyártás	155	461	26				0,46
C gyártás	152	481	19				0,49
D gyártás	155	461	20				0,32

Az első próbagyártás az alkalmazott szabványos EN GJS 400-15 olvasztási technológia alapján kezdődött meg oly módon, hogy a mangántartalmat a korábbi gyártásokhoz képest csökkentettük, mivel az öntöttvas mechanikai tulajdonságaira a mangántartalom is hatással van perlitstabilizáló hatása révén, mennyiségének növelésével a perlit részaránya nő, növelve az öntöttvas keménységét [1]. A C és D gyártás szövetszerkezetén is látható, hogy a mangántartalom csökkentésével a ferrit százalékos mennyisége növekedett.

A betétanyagok összeállításánál rendkívül kis mangántartalmú nyersvasat (Mn = 0,005%) illetve acélnyiradékot (Mn = 0,2%) használtunk. Az első olvasztástechnológiai próbagyártás során a hidraulikaház öntvényeken mért átlag keménységi érték 165–175 HB, míg a keréktartó villa öntvények esetében 195–220 HB.



A gyártás

B gyártás

C gyártás

D gyártás

■ 2. kép. A korábbi gyártások próbapálcáinak szövete képe

a. A korbontartalom és a szilíciumtartalom hatása

A szokásos kísérő elemek közül az öntöttvas mechanikai tulajdonságait leginkább a karbon- illetve a szilíciumtartalom befolyásolja. A korbontartalom növelésével csökken a keménység értéke. A következő próbagyártás során az általunk alkalmazott értékekhez képest, a korbontartalom növelése mellett, vizsgáltuk a szilíciumtartalom változásának hatását, a kisebb illetve a nagyobb szilíciumtartalmú adag-összeállítás hatását a vékony keresztmetszetek keménységére.

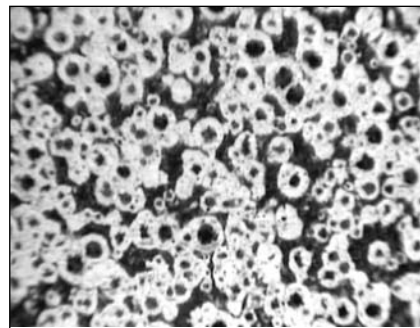
A, kísérlet eredményei azt mutatják (2. táblázat), hogy a kisebb szilíciumtartalmú olvasztás során, a keménységi értékek mindkét öntvény-nél csökkentek, de a keréktartó villa öntvény esetében az elvárt keménység eléréséhez nem volt elegendő a szilíciumtartalom csökkentése.

b. A hűlési viszonyok hatása

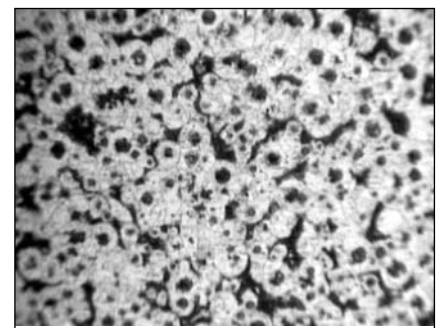
Az öntvény falvastagságától függően az öntöttvas mechanikai tulajdonságai változók. A különbségek csökkentése hőkezeléssel illetve a hűlési viszonyok befolyásolásával érhető el [2].

Az öntvény hűlési sebessége függ az öntvénykeresztmetszetek viszonyaitól, a bálavastagságtól, a hűlő-soron töltött időtől, illetve a hűlő-soron lévő bálák közötti távolságtól.

Az öntvénycsokron belüli keménységtérítés az öntvény hűlési sebességével van összefüggésben, ugyan-



„Tápfaj” alkalmazása nélkül (186 HB)



„Tápfaj” alkalmazása a ferritmennyiség növelése érdekében (159 HB)

■ 3. kép. A ferrit-perlit arány változása a „tápfaj” alkalmazásával a keréktartó villa öntvények esetében

is a vékony falak gyors lehűlése akadályozza a kis keménység elérését. Olyan geometriai megoldás alkalmazása bizonyult megfelelőnek, amely az öntvények alakját követve, lassúbb dermedésre és hűlésre kényszeríti a kritikus öntvényrészeket. A hidraulikaház öntvény esetében alkalmazott szokatlan tápfaj-geometriát a vékony falak hűlési viszonyainak befolyásolása céljából alkalmaztuk. Ezért a keréktartó villa kritikus része mellé olyan hőkiegyenlítő gömböt (továbbiakban: „tápfaj”) alkalmaztunk, amely az öntvény hűlési körülményeit kedvezően befolyásolta.

A keménység változásának vizsgálatára különböző kísérleteket végeztünk el. A keréktartó villa öntvény esetében a nagy korbontartalom, és a kis szilíciumtartalom valamint „tápfaj” alkalmazása a keménységet csökkentette. A „tápfaj” alkalmazása nélkül átlagosan 186 HB értéket produkált az öntvény, míg a „tápfaj”

alkalmazásával, befolyásolva a dermedési-hűlési viszonyokat, átlagosan 159 HB keménységet kaptunk, ami a szövete képeken látható ferrit-perlit arány változásán is látható (3. kép).

c. A hűlő-sor hatása a keménységre

Az öntvény hűlési körülményeinek irányítása a kis keménység elérése céljából elengedhetetlen szempont volt a gyártás folyamán. Minél nagyobb hőmérsékleten történik az öntvények ürítése, annál nagyobb sebességgel fog hűlni az ausztenit-ferrit átalakulási hőmérséklet közben, ami a perlit szövet kialakulását segíti elő. Ezért a ferrites szövet kialakulásának elősegítése céljából az öntvények az átalakulási hőmérséklet alsó határértékéig a formában hűltek [1].

DISAMATIC formázás révén, amikor az öntvény a hűlő-sorra ér, célszerű minél kisebb bálaközzel végezni a továbbítást, ezáltal a forma/öntvény kisebb sebességgel fog hűlni, ami nagyobb biztonsággal eredményez kis keménységű öntvényeket.

A próbagyártások során az öntvények hűlő-soron töltött ideje körülbelül 1 óra, az öntvényeken mért átlaghőmérséklet 400–500 °C. A hűlő-

2. táblázat. A szilíciumtartalom hatása az öntvények keménységére

	Hidraulikaház	Keréktartó villa
Kis szilíciumtartalmú olvasztás esetén	160 HB	190 HB
Nagy szilíciumtartalmú olvasztás esetén	185 HB	205 HB

Az öntvényeken mért átlagértékek

soron töltött idő, illetve a sor végén mért hőmérséklet az öntvény keménységét nem befolyásolta, az öntvények hűlése a tervezett ütemben, lassan zajlott le a formában. A mért eredmények a 3. táblázatban láthatók.

Abban az esetben, ha zárt bálavábbítással történt az öntvénycsokrok mozgatása, a hűlősor végén kiérkező öntvények különböző keresztmetszetű részei között 40-50 °C hőmérséklet-különbség volt mérhető. A tervezett tápfejek alkalmazásával a hőmérsékleti viszonyok a különböző keresztmetszetek között kiegyenlítődték. Az egyenletesebb hűlés egyenletesebb szövetszerkezetet biztosít, ezáltal a vékony öntvényrészekben a ferrites szövet érvényesül.

d. A módosító anyag hatása

Az öntöttvasak csíraállapotának befolyásolására a leggyakrabban alkalmazott kezelés a módosítás, amely során kis mennyiségű adalékanyagot juttatunk az olvadékba, megváltoztatva az olvadék csíraállapotát a kémiai összetétel megváltoztatása nélkül. Ezzel az öntöttvas mechanikai tulajdonságai lényegesen javulnak [2].

A próbagyártások alkalmával kétféle módon történt a módosítás:

Egylépcsős módosítás:

1. lépcső: Gömbösítés után, folyékony fémsugarba adagolva.

Kétlépcsős módosítás:

1. lépcső: Gömbösítés után, folyékony fémsugarba adagolva.
2. lépcső: Beömlőrendszerbe helyezett speciális módosító anyaggal.

Az alkalmazott speciális módosító anyag befolyásolta a ferrit-perlit arányt. A perlit mennyisége jelentősen megnőtt az egylépcsős módosítás során, míg a két lépcsőben történt módosítás a ferrit mennyiségét kedvezően befolyásolta, csökkentve ezzel a keménységet.

e. A gömbösítő anyag hatása

Ahhoz, hogy öntött állapotban nagy részben ferrites szövet alakuljon ki az ötvözőelemek közül csak a molibdén, a kobalt, esetleg az alumínium jelenléte engedhető meg maximum 0,3%-ig. Az összes többi ötvözőelem a ferritképződést gátolja, így e szempont

figyelembevételével választottuk ki a gömbösítő anyag típusát [1].

Jelenleg öntödénk az „A” típusú gömbösítő anyagot használja a gömbgrafitos öntöttvas előállítására. Az első eredmények után bevezetésre került egy új gömbösítő anyag használata. A „B” típusú gömbösítő anyag tisztább, nem tartalmaz egyéb, zavaró ötvöző anyagokat.

A gömbösítő anyag típusának helyes megválasztásával a ferrit mennyisége jelentősen megnőtt, a ferrit-perlit arányának változása 4. képen látható.

f. A krómtartalom hatása

A króm rendkívül erős karbidstabilizáló hatása befolyással van az öntöttvas keménységére, amely függ a szabad karbid képződésétől. Szakirodalmi leírás szerint karbidképződés nélkül a keménység 4-10 HB értékkel nő 0,1% krómtartalom hatására. Szabad karbidok megjelenésekor ez az érték ugrás-szerűen megnő [1].

A kísérleti gyártások során a krómtartalom mennyiségének betartása szigorú metallurgiai előírás lett az olvasztástechnológia kialakításában.

A 4. táblázatban látható eredmények azt mutatták, hogy 0,1% krómtartalom emelkedése átlagosan 40

3. táblázat. A hűlősor végén kiérkező öntvények hőmérséklete

	Az öntés ideje perc	A hűlősoron töltött idő perc	Az öntvényeken mért hőmérséklet °C
1. bála	0	62	377
20. bála	10	72	381
40. bála	20	60	392
60. bála	32	61	410
80. bála	44	52	473
100. bála	55	44	532

4. táblázat. A krómtartalom hatása az öntvény keménységére

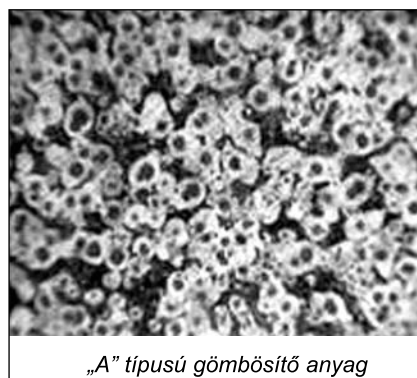
	Brinell-keménység	C% Si% Mn%	Cr%
1. kísérlet	193 HB	Az egyes alkotók mennyisége a kísérleti gyártások során közel azonos.	0,161
2. kísérlet	150 HB		0,053
3. kísérlet	153 HB		0,035

HB keménységnövekedést idézett elő, az öntvényeken mért átlag keménység értéke 190–200 HB.

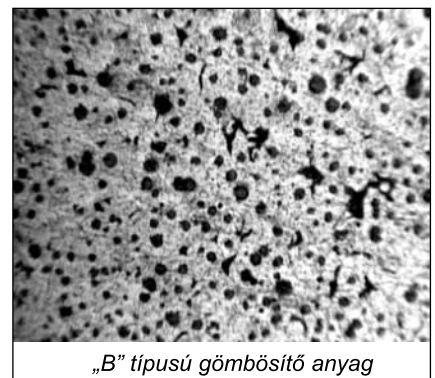
2. Táplálási technológia

A belső anyagfolytonossági követelmény, azaz a hidraulikaház öntvény esetében nyomástömör darabok biztosítása, az első sorozat minősítése után került a megrendelői elvárások közé. A táplálási technológia azonnali felülvizsgálata, valamint módosítása vált szükségessé, amellyel a teljes gyártás során biztosítható a 400 bar nyomáspróbát kibíró öntvények gyártása.

A táplálási technológia kialakításának célja, hogy az utoljára dermedő öntvényrészek a tápfejben alakuljanak ki, a nyomástömör darab biztosítása érdekében. A belső anyagfolytonossági vizsgálat alapján, a meglévő beömlő- és táplálórendszerrel gyártott hidraulikaház öntvények

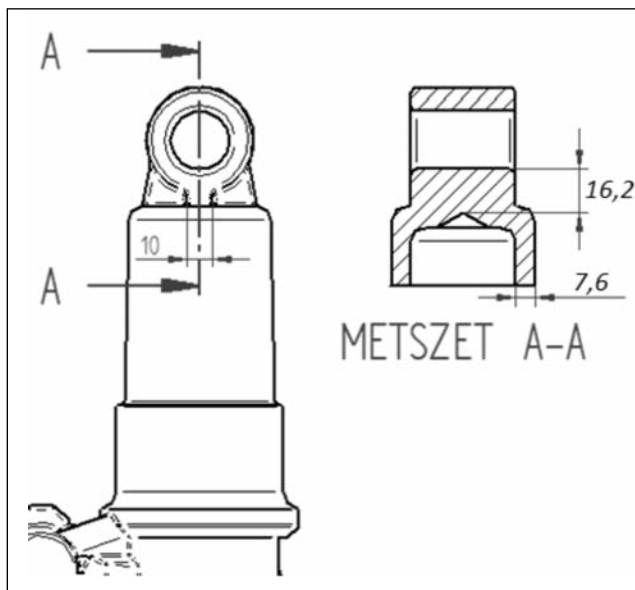


„A” típusú gömbösítő anyag



„B” típusú gömbösítő anyag

4. kép. A gömbösítő anyag típusának hatása a ferrit-perlit arány alakulására



■ 5. kép. A szívódásra hajlamos öntvényrész

nyakrészében szívódási üreg található. Ezt a részt az alkalmazott technológiai rendszer nem tudta megfelelően kitáplálni, mint az 5. és a 6. ábrán látható.

A különböző keresztmetszetek szívódási hajlama eltérő. Az utoljára dermedő öntvényrész a vastag keresztmetszetben alakul ki, amely az öntvény hőtani középpontja. E keresztmetszet az időben előtte dermedő vékonyabb öntvényrészt kitáplálja, a vastag öntvényrész hőtani közepontjában pedig egyetlen szívódási üreg képződik [3].

Mivel a gömbgrafitos öntöttvas nagyobb térfogatcsökkenés kíséretében dermed meg, mint a lemezgrafitos, így a kitáplálás szempontjából legbiztosabb megoldás az irányított

dermedés létrehozása. A szívódási üregek kialakulásának megelőzésére biztos megoldást jelent; ha az öntvény hőtani középpontja mellett, az utoljára dermedő öntvényrész közelébe tápfejet helyezünk el, kialakítva a megfelelő hatékonyságú táplálási viszonyokat. Az öntvény falvastagsági viszonyainak kedvezőtlen konstrukciós kialakítása az öntvény gyártásának folyamatát lényegesen bonyolultabbá tette nyomástömör darab elérése esetén.

Az utoljára dermedő öntvényrész kitáplálására többféle konstrukciót alakítottak ki. A végleges, hatékony megoldást a kritikus nyakrész mellé, közvetlenül bekötött elosztó csatorna és tápfej jelentette, amellyel folyamatosan biztosíthatók a nyomástömör darabok a teljes sorozatgyártás alatt, mint a 6b ábrán látható.

A további darabokon, a tömörséget radiográfiai módszerrel vizsgálták, amely kellő biztonsággal és gyorsasággal tud eredményt adni a kritikus rész tömörségéről. Gyártási dátum szerint fészkenként 5-5 darab öntvényt minősítettek, ez minden darabon megfelelő minősítéssel zárult.

3. Összefoglalás

A szigorú metallurgiai előírások betartásával valamint az alkalmazott „tápfej” segítségével; lassúbb dermedésre és hűlésre kényszerítve a kritikus öntvényrészeket; a legyártott öntvények a keménységi előírásoknak megfelelnek. Továbbá, a kialakított táplálási technológia segítségével nyomástömör öntvények gyártása is biztosított.

A fejlesztés segítségével új lehetőségek nyíltak meg cégünk előtt. A kidolgozott olvasztási technológia segítségével olyan termékcsoportok gyártását tudjuk vállalni, amelyeket hőkezelés nélkül más országok öntödei nem tudtak kivitelezni.

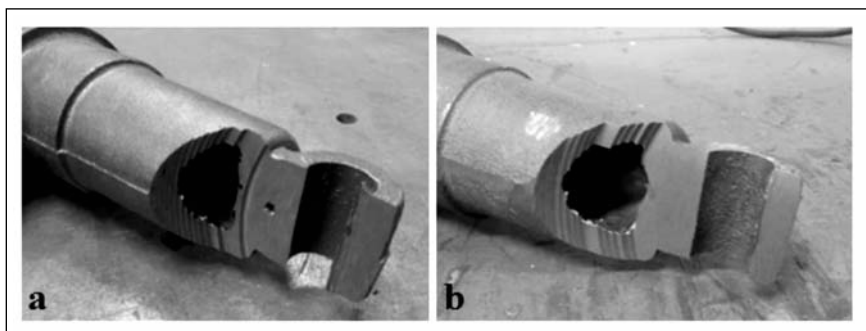
Az idei évben előreláthatólag 150–200 tonna, 300000–400000 euró értékű ilyen típusú öntvényt tud az öntöde legyártani és a nyugat-európai megrendelő számára leszállítani. Várhatóan ez a szám növekedni fog, csak ebből a termékből 2015-re az előrejelzés 300–400 tonna.

Ezzel a technológiai fejlesztéssel, a hasonló technológiát igénylő öntvények gyártását is el tudjuk vállalni, ami várhatóan növelheti az öntöde megrendelőinek a számát is.

Úgy gondolom, hogy a magas műszaki követelménynek megfelelő öntvények gyártásával kell a magyar vasöntészet hírnevét öregbíteni. Az ilyen nagy szellemi hozzáadott értékkel növelt termék előállításával kell elismerést nyerve fejlődnünk.

Irodalom

- [1] Dr. Faragó E.: Nagyszilárdságú öntöttvasak. Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1985)
- [2] Dr. Faragó E. – Dr. Vörös Á.: Az öntöttvas olvasztása villamos kemencében. Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1987)
- [3] Rudolf Richter: Öntvényserkesztés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1975)



■ 6. kép. Szívódási üreg a kritikus nyakrészben (a), Megfelelő öntvény (b)

Könnyűfém-öntvények hűtési technológiájának tervezése áramlás- és hőtani szimulációval

A cikk rávilágít az öntvények külső felületén keresztül történő hőelvonásnak a tervező által befolyásolható paramétereit, ezek hatását a hőelvonás mértékére és hatékonyságára. Rávilágítunk arra a tényre, hogy a numerikus áramlástani szimuláció (Computational Fluid Dynamics, röviden CFD) kulcsfontosságú adatokat szolgáltat az üzemeltető, azaz az öntőde számára az öntvényhűtéssel kapcsolatos igényeinek megfogalmazásához, valamint a tervező számára is a hűtősor gépészeti tervezéséhez, és ahhoz, hogy az üzemeltető igényei hogyan teljesíthetők.

Hőtani szempontból az öntvényekkel kapcsolatban két alapvető kihívást kell kezelnünk. Az első, hogy az öntvény, a tápfej és a beömlőrendszer tömegének megfelelő mennyiségű fémeket meg kell olvasztani. A második, hogy az olvadt fém hőtartalmát el kell vezetni az öntvényből. Mindkét feladat során az energia bevitelének, majd elvonásának hatékonysága kulcsfontosságú, mert egyáltalán nem mindegy, hogy a fémeket milyen módon, mennyi idő alatt olvasztjuk meg, és az sem mellékes, hogy az öntvényt milyen energiabefektetés árán tudjuk a megfelelő hőmérsékletre hűteni.

Ebben a cikkben ez utóbbi területet vesszük szemügyre, és szólunk az áramlás- és hőtani szimuláció öntvények hűtésével kapcsolatos alkalmazásáról. A számítógépes szimuláció segítségével megtervezhető az öntvények hűtéstechológiája, ellenőrizhető, hogy az öntvény felhasználója által elvárt mechanikai paraméterek, amelyek alapvetően függenek a kokillából éppen csak kiemelt öntvény hűtésének sebességétől és módjától, teljesülnek-e a folyamat végén.

A szimulációs módszer lehetőséget ad arra is, hogy az öntvényhűtő sort még a megépítése előtt, amikor

a konstrukció csak számítógépes modell formájában létezik, ellenőrizzék. A szimuláció olyan laboratóriumként működik, ahol szabadon kísérletezhetünk: kipróbálhatunk új hűtősor konfigurációkat, levegős vagy vizes hűtést, légáramba kevert vízpermet alkalmazását, vagy egyszerűen csak az öntvény és a hűtőlevegő-fűvóka egymáshoz viszonyított pozíciójának különböző változatait.

Ahhoz, hogy egy hűtősort ellenőrizzünk, vagy meghatározzuk azt az intenzitást, amellyel az öntvényt adott idő alatt le kell hűtenünk például 530 °C-ról 80 °C-ra, tudnunk kell, hogy a folyamat elején mekkora az öntvény hőtartalma.

Tekintsünk a teljes folyamatra úgy, mint egy mérleg két serpenyőjére. Az egyik oldalon a kokillából már kiemelt, tehát külső felületein megszilárdult öntvénynek a hőtartalma van a hűtési folyamat elején, míg a másik serpenyőben – levegős hűtés esetén – a vizsgált öntvény és a hűtőlevegő-fűvóka egymáshoz viszonyított pozíciója, a hűtőlevegő sebessége, hőmérséklete, páratartalma, azaz a hűtés intenzitása, tehát az elvonható hőmennyiség található.

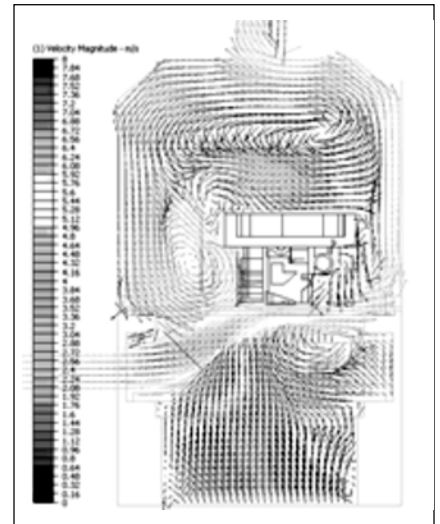
A két oldalt egy-egy képlet jellemzi, ezek a következők: az öntvény hőtartalma [J]:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T, \quad (1)$$

az elvont hőteljesítmény [W]:

$$P_q = \alpha \cdot F (T_{fal} - T_{lev}). \quad (2)$$

ahol:



■ 1. ábra. Sebességvektorok által szemléltetett áramlási kép az öntvény környezetében az egyik hűtősoron

- c : fajhő [J/kgK],
- ΔT : a hőközlés során az m tömegű test hőmérséklet-növekedése [°C],
- α : hőátadási tényező [W/m²K],
- F : a hőelvonásban részt vevő felület nagysága [m²],
- T_{fal} : a hűtendő felület hőmérséklete [°C]
- T_{lev} : a hűtésre felhasznált közeg, jelen esetben a levegő hőmérséklete [°C]

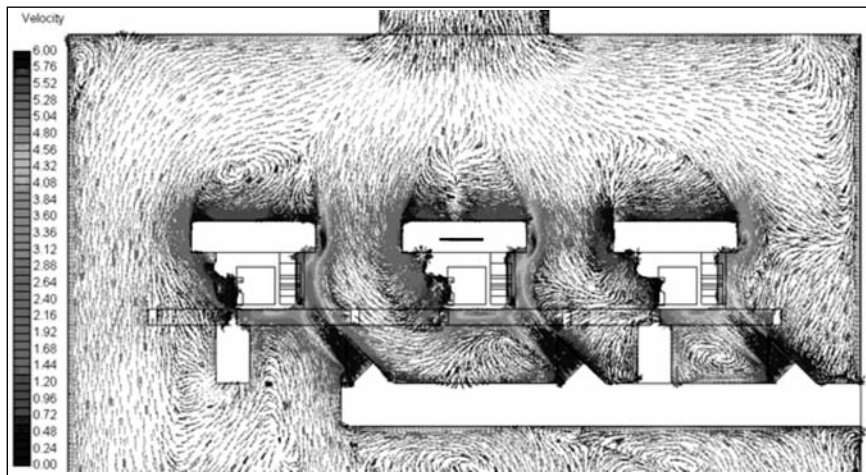
A két oldal között a hűtés megvalósítására előírt idő teremti meg a kapcsolatot, mivel $W=J/s$.

Vegyük szemügyre először az öntvény hőtartalmát. Itt abból a hőmennyiségből indulunk ki, amelyet a fém és a homok tömege a hűtősorra kerülés pillanatában tartalmaz. Ha ismert az öntvény és a homokmagok átlagos hőmérséklete, vagy mérések és öntészeti szimulációk eredményeként a felületi és a belső hőmérséklet eloszlása, a fém és a homok tömege és fajhője, akkor az (1) képlet szerint kiszámolható a hűtősorra kerülő tömeg hőtartalma. A példa kedvéért, ha 33,2 kg fémeket tartalmazó tömeg esetén, ha 530 °C-ról 80 °C-ra kell hűtenünk, ez az érték 18 MJ.

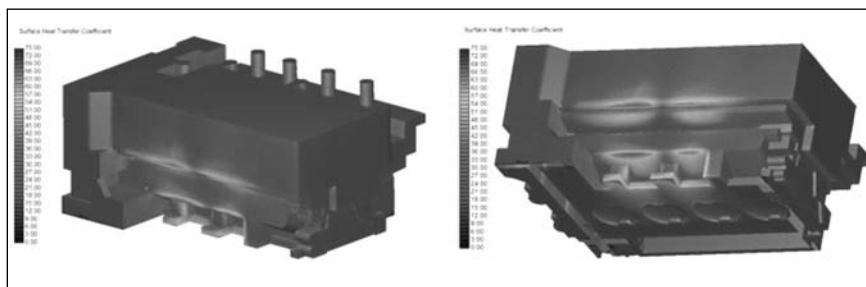
Megjegyezzük, hogy az öntvény hőtartalmának meghatározásakor ki-

Dr. Dúl Róbert okl. gépészmérnök, közgazdász a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karán 1997-ben szerzett oklevelet. PhD-disszertációját 2013-ban védte meg. A numerikus áramlástani szimulációkban szakértő CFD Engineering Hungary Kft. ügyvezetője.

Dr. Fegyverneki György szakmai életrajzát 2012/5. számunkban közzétettük.



■ 2. ábra. Sebességvektorok által szemléltetett áramlási kép az öntvény környezetében egy nagyobb kapacitású hűtősoron



■ 3. ábra. A hőátadási tényező eloszlása az öntvény felületein

indulhatunk a 33,2 kg fém megolvasztásához szükséges hőmennyiségből is. A számítás során figyelembe kell venni a fém pl. 30 °C-ról 700 °C-ra történő hevítésének energiaigényét – szintén az (1) képlettel számítható – és ehhez hozzá kell adnunk a szilárd fázisból olvadékfázisba történő átalakuláshoz szükséges latens hő mértékét.

Az így kiszámított hőtartalmú olvadék kerül a kokillába, ahol ez a hőmennyiség a kokilla hűtése miatt és az olvadékfázisból szilárd fázisba történő átalakulás révén csökken, illetve egy része a fémből hővezetéssel a homokmagokba kerül. Ez az

igen komplex hőmérséklet-eloszlású, többféle hővezetési tényezőjű és fajhőjű anyagból álló tömeg kerül a hűtősor elejére.

Mivel a hűtősoron végighaladó tömeg tartalmazza a homokmagokat is, az ezekben felhalmozott hő is a soron bevezetett hűtőlevegőnek kell elszállítania. Bizonyos konstrukcióknál előfordul, hogy az öntvény külső részén lévő magjerek leesnek, mert a mag az öntvény kontúrján kívül teljesen átég. Ennek hőtanai szempontból kedvező hatása abban testesül meg, hogy a leesett homokdarab viszi magával a saját hőtartalmát is, amit így nem kell a soron tovább hűteni.

1. táblázat. A hőátadási tényező értékei különböző közegek és áramlási sebességek esetén

Hűtőközeg	Hőátadási tényező W/m ² K
Levegő, gázok természetes áramlás esetén	5–20
Levegő enyhe áramlással	20–50
Levegő erős áramlással	50–250
Túlhevített vízgőz	23–116
Víz természetes áramlás esetén	250–2000
Áramló víz	2000–8000
Víz, forrás közben	3000–6000
Kondenzálódó gőz	5000–15000

Tehát ha a fenti példát visszük tovább, akkor a hűtősoron elvonandó hőtartalom 18 MJ. Ezzel a 18 MJ-lal áll szemben a hűtősor hőelvonási teljesítménye. A teljesítményre ható, a (2) képletben szereplő tagokat a hűtősor üzemeltetője vagy tervezője kisebb-nagyobb mértékben befolyásolhatja.

Vegyük sorra, hogy milyen lehetőségeink vannak a hűtés intenzitásának növelésére. Ha a képletben szereplő hőmérsékleteket tekintjük, látszik, hogy a hűtési folyamat előrehaladtával a hőmérsékletek befolyásoló ereje egyre kisebb, hiszen ahogy a fal hőmérséklete csökken, az állandónak tekinthető hűtőlevegő-hőmérséklet mellett e kettő különbsége egyre kisebb, tehát a szorzatban egyre kisebb mértékben vesz részt.

A (2) képletben szereplő F felület állandó. Némi esélyünk a növelésére akkor van, ha a fentebb említett okból kifolyólag az öntvény külsején lévő magok leesnek, és ezzel fémfelületet tesznek elérhetővé a hűtőlevegő számára.

Marad tehát a (2) képletben szereplő hőátadási tényező (α), amelyet a technológiát tervező teljes mértékben befolyásolhat. Mitől függ ugyanis a hőátadási tényező értéke? Elsősorban a hűtőlevegő sebességétől, de van hatása a hűtendő felület környezetében kialakuló áramlás jellegének is, azaz annak, hogy a hűtendő felületet támadó levegő milyen gyorsan képes a felületről felvett hővel onnan eltávozni. A hűtőközeg anyagtulajdonságainak is van szerepe. A hőátadási tényezővel kapcsolatos legnagyobb kihívás abban áll, hogy az értéke nehezen mérhető, ráadásul egy könnyűfémöntvény kontúrja nagyon bonyolult lehet, sok felületből állhat, amelyekben az α nagy mértékben változhat. Viszont a technológia megtervezéséhez az α értékére mindenképpen szükség van.

Az 1. táblázat a különböző sebességgel áramlott közegek által elérhető α értékét tartalmazza tájékoztató jelleggel. Látható, hogy hőtanai szempontból a leghatékonyabb, ha a forró öntvényt vízzel teli kádba engedjük, de előfordulhat, hogy ebben az esetben nem teljesülnek az öntvénnel szemben támasztott mechanikai tulajdonságokra vonatko-

zó előírások. Meg kell tehát találnunk azt a módszert, amely a lehetőségeinken belül a leghatékonyabb hűtést biztosítja úgy, hogy közben az összes technológiai paraméter (pl. szakítószilárdság, nyúlás) biztosan teljesül. Ehhez pedig a tervezés szakaszában pontosan kell tudnunk, hogy milyen hőátadási tényezővel számolhatunk.

Ezen a ponton kerül képbe az áramlás- és hőtechnikai (röviden CFD) szimuláció. Ebben a számítógép által létrehozott virtuális laboratóriumban ugyanis fel tudunk építeni olyan modelleket, amelyekben részletesen vizsgálhatjuk az öntvény és a hűtőlevegő kapcsolatát. Elemezhetjük a közelebb, vagy távolabb helyezett levegőfúvóka hatását, kipróbálhatjuk, hogy a hőátadási tényező (α) mekkora mértékű növekedését okozza, ha a fúvókából kilépő levegő sebességét

növeljük. De akár összehasonlíthatunk eltérő alakú fúvókákat is, sőt megnézhetjük a hűtőlevegő páratartalmának hatását az elvont hő mennyiségére vonatkozóan (1–2. ábra).

E modellek kiszámításának eredménye a tervezéshez nélkülözhetetlen α értéke és annak az öntvény felületén történő eloszlása (3. ábra). Ez a szimulációs módszer továbbá képes arra is, hogy meghatározza a felületről elvont hő mennyiségét W/m^2 -ben, azaz a (2) képlettel kersett eredményt.

A fentiek értelmében tehát a szimuláció szolgáltatja a hűtősor tervezéséhez nélkülözhetetlen adatokat. Attól kezdve, hogy a szimulációk a teljes hűtési folyamatra vonatkozóan elkészültek, és az eredmények a rendelkezésünkre állnak, a teljes hűtési folyamat során elvont hőmennyiséget összevetjük a hűtés elején fennállt

hőtartalommal és kiderül, hogy a tervezett hűtési intenzitás (a hűtőlevegő sebessége, a fúvóka pozíciója az öntvényhez képest, az elszívás hatékonysága) elegendő-e a célok megvalósításához. Ha igen, akkor tovább lehet finomítani a rendszert és növelni annak hatékonyságát, ha pedig nem, akkor vissza kell térni a tervezési fázis egy korábbi szakaszába és olyan konstrukciót találni, amelyet szimulációkkal újra megvizsgálva már remélhetőleg kedvező eredményt kapunk. Mindezt pedig a számítógép által teremtett virtuális laboratóriumban végezhetjük el, anélkül, hogy a valóságban akár egy szögvasat a másikhoz kellene hegeszteni. Ez a módszer bizonyítottan hatékony és olcsó, mindenképpen olcsóbb, mint legyártatni bármit, ami aztán nem működik.

■ MÖSZ-HÍREK

A Magyar Öntészeti Szövetség tisztújító közgyűlése

A Magyar Öntészeti Szövetség 2014. május 28-án tartotta 23. tisztújító közgyűlését a ráckevei Savoyai-kastélyban, az előre meghirdetett napirendi pontoknak megfelelően.

Dr. Hatala Pál ügyvezető főtítkárszököntötte a megjelent MÖSZ-tag társaságok képviselőit. A közgyűlés megkezdése előtt szakmai előadást hallgattak meg a jelenlévők. *Klujber Dénes*, a Magyar Járműalkatrészgyártók Országos Szövetsége elnöke mutatta be szövetségük tevékenységét, és vázolta az együttműködési lehetőségeket a MÖSZ tagvállalataival.

A MÖSZ 23., tisztújító közgyűlését 10.30-kor *dr. Sohajda József* elnök nyitotta meg. A megjelent 34 szövetségi tag képviselője egyhangú szavazással fogadta el a már korábban megküldött és az elnök által itt felolvasott napirendet. A napirendekkel kapcsolatosan, a közgyűlési meghívóval kiküldött MÖSZ-dokumentumok az alábbiak voltak: Főtítkárszökönt, 2013; Ellenőrző Bizottsági jelentés, 2013; Egyszerűsített mérleg és eredménykimutatás, 2013; Fő tevékenységi területek, 2014., Költségterv,

2014; Magyarország öntészeti termelési adatai, 2007–2013; MÖSZ munkaprogram, 2014; Közgyűlési program és napirend.

A közgyűlés elfogadta a MÖSZ elnökségének beszámolóját a 2013. évben végzett munkáról, az Ellenőrző Bizottság 2013. év gazdálkodására vonatkozó jelentését a MÖSZ 2013. évi költségvetésének teljesítéséről, a 2013. évi egyszerűsített mérlegbeszámolót és az eredménykimutatást, valamint a MÖSZ 2014. évi költségvetési- és munkatervét.

Napirend keretében tárgyalta a közgyűlés a MÖSZ Alapszabálya új egyesülési jogról szóló törvény (egyesületi törvény) előírásainak megfelelő módosítási javaslatait. *Dr. Barnafi Krisztina* ügyvéd tájékoztatót az új PJTK és az ún. új egyesületi törvény szövetségre vonatkozó kötelező hatályáról, ismertette annak főbb megközelítéseit, kötelező rendelkezéseit, a változások határidő-kényszereit. Elmondta, hogy a jelenlegi bírói gyakorlat alapvetően kialakulatlan az új egyesületi törvény végrehajtását illetően, javasolta, hogy várjunk a törvényi

rendelkezések végrehajtásával (határidő: 2016. április), s a 2015. évi közgyűlés térjen vissza erre a feladatra. A jelenlévők a javaslatot egyhangúlag elfogadták.

Dr. Takács Nándor, a MÖSZ-díj Kuratórium elnöke ismertette a 2014-es MÖSZ-díjak odaítélésének eredményét, erről lapunkban szintén beszámolunk.

Dr. Sohajda József megköszönte az elnöksége hat éve alatt kapott tagvállalati és vezetői támogatást, jó együttműködést és sikeres munkavégzést kívánt a megválasztásra kerülő új elnökség tagjainak. Javasolta, hogy a tisztújítás lebonyolításával *dr. Hatala Pált* bízzák meg. A közgyűlés az előterjesztést egyhangúlag elfogadta.

A közgyűlés a következő három évre az alábbi MÖSZ-elnökséget és tisztségviselőket választotta meg:

<i>Kovács Sándor</i>	elnök
<i>Érseki László</i>	elnökségi tag
<i>Dr. Fegyvermeki György</i>	elnökségi tag
<i>Kuttor György</i>	elnökségi tag
<i>Dr. Lengyel Károly</i>	elnökségi tag
<i>Lidvin Balázs</i>	elnökségi tag
<i>Dr. Takács Nándor</i>	elnökségi tag

Mészárosné Kakszi Mária
Ellenőrző Bizottság elnöke

Gál Tibor
Ellenőrző Bizottság tag

Dr. Vigh László
Ellenőrző Bizottság tag

Dr. Takács Nándor
MÖSZ-díj Kuratórium elnöke

Győri Imre
MÖSZ-díj Kuratórium tag

Hajnal János
MÖSZ-díj Kuratórium tag

Dr. Hatala Pál
MÖSZ-díj Kuratórium tag

Nagy László
MÖSZ-díj Kuratórium tag

A szavazás eredményének ismer-
tetése után Kovács Sándor elnök
megköszönte az egyhangú közgyűlési

szavazás által személyének szóló
bizalmat, és kérte a közgyűlés megje-
lent vezetőit és képviselőit, hogy az új
elnökség munkáját a korábbi évekhez
hasonlóan, ha lehet, még annál job-
ban támogassák, aktív részvételükkel
segítsék. Ezután az elnök bezárta a
közgyűlést.

 HP

A magyar öntészet 2013. évi termelési adatai

A MÖSZ 23., tisztújító közgyűlésén
napirenden szerepeltek a hazai
öntészet 2013. évi termelési adatai is.

A hazai öntödék 2013. év első fél-
éves enyhén növekvő teljesítményén
a 3. és 4. negyedévben érezhető, kis-
mértékű rendelésállomány-csökkenés
érdemben nem rontott az éves sze-
rény, de pozitív eredményeken. A
beszámolók alapján a vasalapú öntvé-
nyek termelésénél 2012-höz képest
stagnálás következett be, növekedés
csak az integrált és célirányos gyártó-
sorokon volt, ott is csupán néhány
százalék. A vasöntvények gyártásával
kapcsolatosan – főleg a kis sorozat-
számú gyártások esetében – a jelen-
legi piaci helyzetben általánossá vált,
hogy az árajánlatok közül csak 0,5-
1%-nyi válik rendeléssé. Az 1. táblá-
zatban közöljük a 2013-as és előző
évi termelési adatokat.

A fémöntvények termelése vonat-
kozásában mintegy 2% növekedés
volt tapasztalható 2013-ban, alapvető-
en a nyomásos öntödék folyamatos,

szinte teljes kapacitással végzett ter-
melése miatt. Természetesen voltak
az év során az átlagosnál nagyobb
növekedési értékek, illetve a negatív
tartományba átcuszó teljesítmények
is előfordultak. A megrendelések biz-
tos növekedése Magyarországon a
nyomásos öntészeti szektorban alap-
vetően a magyar öntödék jó megítélé-
se miatt, a Kínából visszahozott ren-
delések hazai gyártatása miatt, és
azért vált tartóssá, mert a hosszú távú
szerződések és a fejlesztési munká-
ban való részvétel elfogadása kedve-
ző megítélést jelent a megrendelések
feladásánál.

A 2013. év mintegy 43%-os vas- és
acélöntvény-termelés növekedését a
jelenleg is nagy gyártókapacitású
öntödék beruházásainak felfutása és
az adatszolgáltatások fegyelmeinek
javulása jelentette.

A precíziós és a színesfém/ne-
hézfém öntészet termelésnövekedése
2013-ban is szerény maradt, 1–3%.

A hazai öntészet nagymértékű

(80%-nál nagyobb) exportirányultsága
2013-ban sem változott, vélhetően
2014-ben és az azt követő években
sem változik. Az exportáló öntödék
piaci helyzetének alakulásával szoros
összefüggésben várhatóak a hazai
öntészetben is változások. A bérelt
munkaerő igénybevételének koráb-
ban megszokott feltételrendszere,
lehetősége jelentősen romlott, ma már
egyre kevesebb – még nagyobb távol-
ságokból is – megfelelő adottságú
szabad munkaerő vonható be a ter-
melésbe.

A háttérpári (alap- és segédanyag,
eszközellátó) cégek képviselői arról
számoltak be, hogy az öntészeti telje-
sítmény éves növekedési mértékének
%-os nagyságához viszonyítva az ő
tevékenységük vonatkozásában ezen
érték a 2012. évi árbevételükhöz
képest jelentősen növekedett.

A havi rendszerességgel a 2013.
évben is adatot szolgáltató öntödék
jelentései alapján a nyersvas tonnán-
kénti ára – némi ingadozástól eltekint-
ve – az év során csaknem változatlan
maradt (400 euró/t volt; a kokszt hazai
árának változásában az év során
újabb csökkenés következett be –
mintegy 12% –, így az ár 310 euró/t
volt; az öntvénytöredék ára is szinte
változatlan maradt, az átlagár 307
euró/t volt), míg az acélhulladék ára az
elmúlt év során a folyamatos csökke-
nés mellett (– 7%) 306 euró/t összegű
volt.

 HP

1. táblázat. Hazai öntödéink termelése

Év	2012	2013
Megnevezés	Termelés, tonna	
Vasöntvény	49 035	70 320
Acélöntvény	3 535	4 977
Alumíniumöntvény	96 128	97 960
Nehézfém öntvény	6 235	6 301
Magnéziumöntvény	189	331
ÖSSZES ÖNTVÉNY	154 933	179 889

A Magyar Öntészeti Szövetség 2014. évi díjazottjai

A Magyar Öntészeti Szövetség 2014. május 28-i, 23. közgyűlésén adták át a szövetség kitüntetéseit. A díjakat a MÖSZ-díj kuratórium előkészítése és az elnökség döntése alapján *dr. Sohajda József* MÖSZ-elnök nyújtotta át.

2014-ben a MÖSZ Életmű-díjat *Szombatfalvy Rudolf* okl. kohómérnöknek (Alba Metall 1991 Kft. Mérnöki iroda) ítelték oda, akit a magyar öntészet fejlődése érdekében kifejtett több évtizedes tevékenysége tett méltóvá e díjra.

A tagvállalatok közül a jelentős technológiai fejlesztés megvalósítása tárgykörben benyújtott pályázata alapján a 2014. évi MÖSZ-díjat a kuratórium a *BUSCH-HUNGÁRIA Kft.*-nek ítélte oda. A cég fő tevékenységi területe haszonjárművek gömbgrafitos öntvényeinek gyártása évi 20 000 tonna mennyiségben. A társaság létrehozott egy szisztematikusan felépített termelést támogató rendszert: a technológiai folyamatokat, elvégzendő vizsgálatokat, vizsgálati gépeket és berendezéseket, valamint a vizsgálatok adatait központi egységben tárolják és ábrázolják, míg az információk egy rendszerbe integrálásával és elemzésével támogatást nyújt a termelésnek, az öntészeti ismereteket számítástechnikai és matematikai rendszerbe integrálva többdimenziós összefüggések alapján értékeli. Ezáltal jelentős költség takarítható meg a minőség folyamatos



■ A 2014. évi MÖSZ-díjak kitüntetettjei: Szombatfalvy Rudolf, Sélei Anett, és a BUSCH-HUNGÁRIA Kft. képviselőjében Lidvin Balázs

fejlesztésével. A díjat a cég képviselőjében *Lidvin Balázs* vette át.

A „Kiváló fiatal öntész” MÖSZ-díjat tizedik alkalommal ítelték oda. 2014-ben két pályázat érkezett a kutatás, illetve technológiai fejlesztés területén kifejtett eredményes alkotó tevékenységek bemutatásával. A pályázatok a kiírásnak mind formai, mind tartalmi szempontból megfeleltek. A kuratórium a 2014. évi „Kiváló fiatal öntész” MÖSZ-díjat *Sélei Anett*

anyagmérnöknek (Szegedi Öntőde Kft.) adományozta „Vékonyfalú, ferres alapszövetű gömbgrafitos öntöttvas gyártása hőkezelés nélkül” témában elvégzett munkája alapján.

A Fiatal Öntész MÖSZ-díj és a MÖSZ-díj kitüntetést elnyert szakemberek a korábbi szokásrendnek megfelelően pályamunkáikról előadást tartanak majd 2015 októberében a 23. Magyar Öntőnapokon.

HP

Beszámoló a 71. Öntészeti Világkongresszusról

Az Öntészeti Világszervezet (World Foundry Organization) a 71. Öntészeti Világkongresszust (World Foundry Congress) 2014. május 19–21-én a spanyolországi Bilbao városában rendezte meg. Az OMBKE Öntészeti Szakosztálya, mint a nemzetközi szervezet tagja, háromfős delegációval vett részt a konferencián.

A WFO Végrehajtó Szervezete és Nemzetközi Bizottsága már május 18-án megtartotta ülését, ekkor nyitották meg hivatalosan a nagy kiállítói területen megrendezett öntészeti kiállítást is.

Ebben az évben rekordszámú, 36 ország képviseltette magát a kongresszuson, a több mint 1000 regisztrált résztvevő között jelen volt a nemzeti öntőipari szervezetek, illetve szövetségek mintegy 40 hivatalos delegáltja is.

A magyar csoport tagjai részt vettek a kongresszus programjain (plenáris előadások, szekció-előadások, poszterbemutatók, kulturális programok), több szakaszban megtekintették az öntészeti kiállítást, illetve az ottani szakmai rendezvényeket is. Magyarországi/OMBKE hivatalosan regisztrált

delegációjaként részt vettek a WFO General Assembly Meeting-jén (a szervezet plenáris ülése) május 21-én. Ezen a fórumon a tagországok valamennyien rövid tájékoztatást adtak hazájuk öntőiparának helyzetéről.

Az ünnepélyes megnyitót követően *Hirosyoshi Kimura* (Japán): Az öntőipari technológiák fejlődése, *Mikael Johansson* (Svédország): Az öntődék jövőképe, *Peter N. C. Cooke* (UK): A globális autóipar fejlődési irányai – Helyzet és várakozások és *Álóz Alvarez Pelegry* (Spanyolország): Energia és versenyképesség – Az

általánostól az egyediig című plenáris előadásokat hallgatták meg a konferencia résztvevői.

A konferencia 171 (!) előadását 14 szekcióban tartották meg az előadók, míg a poszterszekcióban 14 előadást tekinthettek meg a megjelentek. Az egyetemisták 15. szekciójában 4 előadás hangzott el. Az előadások összefoglaló ismertetése megtalálható a <http://www.71stwfc.com/index.php/en> web-címen, illetve a magyar delegáltaknál.

Egy magyar előadást hallgathattak meg május 20-án délután a kongresszus érdeklődő résztvevői a Könnyűfémek szekcióban: *Fegyverneki György – Tokár Mónika – Mertinger Rozália – Dúl Jenő*: A stroncium és az antimon módosító hatásának elemzése Al-Si öntészeti ötvözetekben. A nagyszerű előadást angol nyelven dr. Fegyverneki György tartotta.

A kongresszus keretében rendeztek még vevői találkozókat is május 20-án. Színesítette a programot az ún. kongresszus utáni gyárlátogatás, melynek során a Baszkföldön, Spanyolország legerősebb ipari övezetében található, tíz, különféle öntödét tekinthettek meg az érdeklődő kongresszusi résztvevők.

A kongresszus gálavacsoráját és a másnapi, ún. Öntőestet extravagáns



■ A kongresszus magyar résztvevői: dr. Hatala Pál, dr. Tokár Mónika és dr. Fegyverneki György

körülmények között, kifogástalan eleganciával, zökkenőmentesen bonyolították le a több mint 1000 fő számára a rendezők.

A kongresszus során több ízben is felhívták a figyelmet a 2015-ben, Düsseldorfban négyévente rendezett GIFA-NEWCAST kiállításra és konferenciára, mint a világ öntészetének legnagyobb és legrangosabb szakmai rendezvényére.

A kongresszus záróünnepségén átadták a szekcióelnökök javaslata

alapján kiválasztott legjobb előadás és a legjobb egyetemista előadás díjait és emléklapokat ajándékoztak a 13 kiemelt támogató cégnek.

A kongresszus színpompás műsor keretében ért véget, ahol a 2016-ban rendezendő, 72. Öntészeti Világkongresszus helyszínét, Nagoya-t (Japán) mutatták be egy attraktív videofilm segítségével a Japán Öntészeti Szövetség és Nagoya város vezetői.

HP

Figyel a média az öntészetre

Az Innotéka Magazin (<http://www.innoteka.hu/>) 2014. áprilisi száma számos öntészeti tájékoztató anyagot közöl, az alábbi összefoglalókkal:

Új kihívások előtt az öntészeti oktatás. Tudást kapnak, de kellő gyakorlati tapasztalatuk nincs hozzá a végzős öntőmérnököknek, ezért lenne fontos az ipari háttérű duális felsőoktatási képzés – jelentette ki Dúl Jenő címzetes egyetemi tanár, a Miskolci Egyetem Öntészeti Intézeti Tanszékének vezetője. A professzor megosztotta lapunkkal gondolatait az öntészeti oktatás és szakma helyzetéről.

Az év magyar beszállítója. A FÉMALK Zrt. nyomásos alumíniumöntőde 25 éves múltra visszatekintve törekszik arra, hogy a lehető leg szélesebb körű szolgáltatást nyújtsa

vevőinek úgy, hogy támogatja a termékfejlesztési folyamatokat is.

A jövő technológiája. A fémiparban úttörő megoldásnak számító technológiával szeretné erősíteni tovább pozícióit a Gyarmet Bt. Európában. Győri Imre, a cég igazgatója lapunknak adott interjújában arra hívta fel a figyelmet, hogy német támogatással egy olyan technológiai centrum jön létre Bicskén, amely egyebek között a lézeres, háromdimenziós nyomtatás fémipari alkalmazását teszi lehetővé.

Komplex szolgáltatáscsomag. Az elmúlt tizenhárom évben folyamatosan és töretlenül fejlődött az Öntőgépszerviz Kft., ami nemcsak a cég létszámának és árbevételének emelkedésében, hanem technológiájának és szolgáltatási körének bővülésében is megnyilvánult.

Innovatív megoldások a hazai öntődéeknek. A régi magyar öntészet emlékei mellett sétálva arról beszélgetünk az 1845-ben alapított Ganzgyár egykori öntődéjében működő Öntődei Múzeumban, milyen méltatlanul vált mellőzötté ez a szakma. Sokan azt hiszik, hogy már meg is szűnt a hazai gyártás, pedig épp ellenkezőleg, ma is közel száz öntőde működik Magyarországon. Szombatfalvy Rudolf és dr. Szombatfalvy Anna kohómérnökök állítják, hogy ennek az ősi mesterségnek nemcsak a múltja volt szép hazánkban, hanem érdekes a jelene is, és az Alba Metall 1991 Mérnöki és Kereskedelmi Kft. vezetőiként mindketten meg vannak győződve arról, hogy a mai modern öntészetben szükség van innovációra, fejlesztésre és háttérparra.

DOBÓCZKY ISTVÁN – IBY ÁGNES

Kovácsolási technológia komplex fejlesztése a Teka Magyarország Zrt.-nél (MOFÉM)

A szerzők e cikkben szeretnék bemutatni a TEKA Magyarország Zrt. (MOFÉM) sárgarezek kovácsolási technológiájának komplex fejlesztési folyamatát, a gyártóberendezés kiválasztása, a kiegészítő gépek, a technológiák módosítása, a szerszámtervezés és gyártás területén keresztül a termelékenység és anyagtakarékosság szempontjainak figyelembevételével. Nem foglalkozunk a kovácsolás elméleti alapjaival, inkább egy a gyakorlatban megvalósított fejlesztési folyamatot kívánunk bemutatni.

A fejlesztés előtti kovácsolási technológia bemutatása

A TEKA Magyarország Zrt. (MOFÉM) jogelődjénél az alapítástól kezdve mindig jelen volt a sárgarezek képlékeny alakítása, azon belül is a kovácsolási technológia, amelyet a kor követelményeinek, technikai színvonalának megfelelően folyamatosan fejlesztettek. A 2000-es évek elején is korszerűnek mondható, de már nem a legmodernebb gépekkel és technológiával dolgoztunk.

A kovácsolás alapanyaga (CuZn40Pb3) döntően saját előállítási féméből (hulladék és primer fém olvasztásával) készült. Kétféle kiinduló anyagot használtunk: a folyékony féméből készült előöntecset, amelyet közvetlenül az öntés után, még lehűlés előtt kovácsoltunk; illetve saját gyártású öntött, hántolt rudat, amelyet indukciós úton hevítettünk a kovácsolási hőmérsékletre. Kovácsoló gépeink orosz gyártású ívhajtásos (közvet-

len motorhajtású orsós sajtó) kovácsológépek (12 db, 1. ábra) és excenteres kovácssajtók (2 db) voltak. Ezeket a berendezéseket 1975-ben állítottuk munkába. A két excenteres sajtón kívül a többi gépen minimális üreggel (ütésirányban) és sorjával tudtunk kovácsolni. Az excenteres sajtókon is minden esetben sorjával kovácsoltunk és a kovácsolt alkatrészek fajtái is korlátozottak voltak. Az excenteres sajtókon az alapszerszám légpárnához csatlakozott, így a kovácsolás során mozgó magokat lehetett alkalmazni, amik az üregek kialakítását biztosították. Minden géphez külön kezelőmunkást – kovácsot – kellett alkalmazni. Ezzel a módszerrel a termelékenység viszonylag alacsony volt. A kiinduló alapanyag tömege nem volt mindig egyenletes (öntecselés, darabolás pontossága), és ebből következőleg a kovácsdarab méretpontossága sem volt megfelelő.

A kovácsdarabok és a kovácsoló szerszámok rajzai kézzel készültek.

Később számítógépes rajzszoftvert alkalmaztunk (2D-ben). A szerszámokat kopírmárával (másoló maró) készítettük, a kovácsoló szerszámok alapanyaga K14-es szerszámacél volt.

A fejlesztés lépései

1.) Kovácsológépek és kiegészítő berendezések

A kovácsológép és a kiegészítő berendezések kiválasztásánál a következő szempontokat vettük figyelembe:

- termelékenység,
- termékek gyárthatóságának bővítése a kovácsolási technológiával,
- anyagtakarékos kovácsolási technológia lehetősége,
- automata anyagberakás és kivétel,
- meglévő szerszámok (excenteres sajtó) használhatósága,
- méretpontos gyártás,
- gyors szerszámcsere,
- automatikus anyagtovábbítás a hevítőberendezésbe,
- üzembiztos és rugalmas hevítőberendezés,
- szűk mérettűrésű (tömeg) darabolóberendezés.

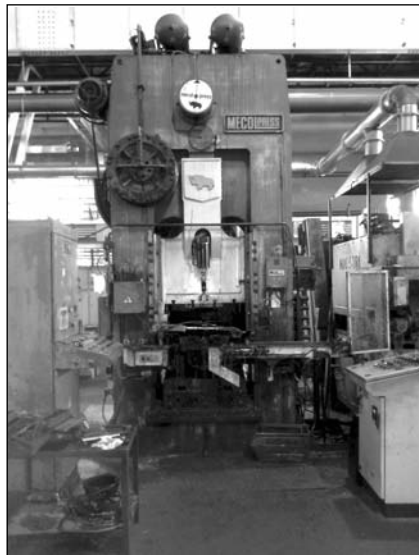
A fejlesztés első lépéseként átvizsgáltuk a gyártmánystruktúránkat a megfelelő kovácsológép kiválasztása érdekében. Az excentersajtókkal szerzett tapasztalatok, a termelékenységi szempontok és a kovácsdarabok mérete, valamint az alkalmazott szerszámok használhatósága alapján egy 360 tonnás excenteres sajtót vásároltunk (2. ábra), amely már fel volt szerelve egy robotmanipulátorral. Ez biztosította az adagolást és a készdarab eltávolítását. A kovácsológéphez kapcsolódott még egy adagolóval ellátott indukciós kemence. Így a darabolt

Iby Ágnes 2011-ben a győri Széchenyi István Egyetem Gépészmérnöki Karán gyártástechnológia szakirányon BSc-oklevelet szerzett. Két éve dolgozik a TEKA Magyarország Zrt.-nél. Szakdolgozata óta foglalkozik a melegüzemi feladatokkal. Jelenleg technológusként öntészeti és kovácsoló szerszámokat tervez és részt vesz modellezési feladatokban.

Dobóczy István 1982-ben a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán szerzett oklevelet képlékenyalakító szakon. 1986-tól 1994-ig a Mofém-ben üzemi mérnök, művezető, üzemvezető helyettes, majd üzemvezető. Közben elvégezte a Budapesti Műszaki Egyetemen a minőségszabályozási szakot. 1994-től 2002-ig minőségbiztosítási főosztályvezető, majd 2002–2007 között termelési főmérnök, 2007-től műszaki főmérnök.



■ 1. kép. Ívhajtásos kovácsológép



■ 2. kép. Excenter sajító

rúdból emberi kéz érintése nélkül készülhetett a kovácsdarab. Később újabb excentersajtót telepítettünk.

Változás történt a kiinduló darab előmelegítésénél is, mivel gáztüzelésű kemencékre tértünk át. A gázhevítés bevezetése után vizsgáltuk annak hatékonyságát az indukciós melegítéshez képest. Megállapítottuk, hogy a hőátadás a rúd felületének „fényessége” miatt nem elég hatékony. Két módszert vezettünk be a hőátadás javítására. A beszállítóval megegyeztünk, hogy a rudak felületét „mattosítják”, azaz olyan páccal végzik az utolsó műveletet a rúdsajtolásnál, mely sötétebb színt ad a rúdnak, így segítve a jobb hőátadást. A másik egy kiegészítő berendezés, ún. „grafitozó” vásárlása volt. Ez a módszer több előnnyel is járt: sötétítette a rúd felületét, lekoptatta a darabolásnál keletke-

zett sorját a rúdról, a grafit segítette a kovácsolásnál a szerszámkenést, ezzel növelve a szerszám élettartamát.

2000-ben a Mofém megszűntette a „folyékony fém” és a saját gyártású folyamatosan öntött rúd gyártását. Ezzel megszűnt az „öntecses” technológiával illetve a saját öntött rúdból történő kovácsolás lehetősége is. Így a teljes kovácsolási alapanyagigényt vásárolt rúdból elégítettük ki. A változás miatt és az előregedett darabolóberendezés kiváltására két automata rúddaraboló gépet szereztünk be. A kovácsoló gépekhez két különböző alapszerszámot vásároltunk, egy függőleges osztású és egy vízszintes osztású – kovácsoló szerszám – típusút. Ezek lehetővé tették az üreges kovácsolás kiterjesztését.

A fejlesztés első szakasza a gépi berendezések beszerzése és az

ehhez kapcsolódó kisebb technológiai változtatások voltak. Ezzel megteremtődött a lehetőség a kovácsdarabok és szerszámok átvizsgálásához, új, korszerűbb gyártási módszerek bevezetéséhez.

2.) Technológiai fejlesztések

A technológiai fejlesztés követelményei:

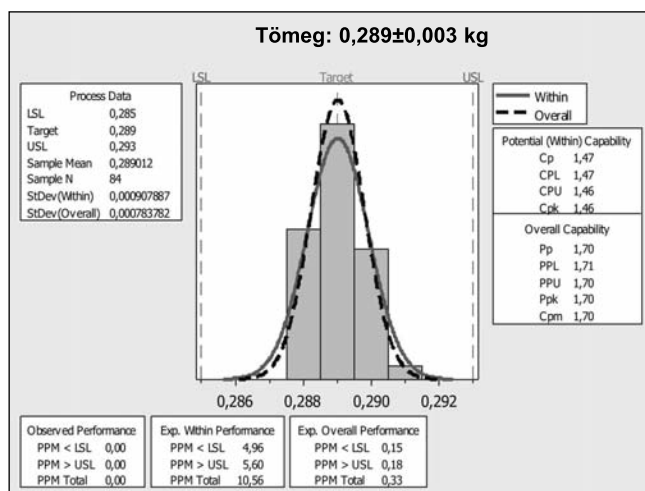
- termelékenység növelése,
- anyagtakarékos megmunkálás,
- méretpontosság megbízhatósága,
- szerszámelettartam növelése,
- műveletek számának csökkentése,
- energiatakarékos megmunkálás.

Technológia fejlesztésének első fázisában elemeztük az aktuális termékstruktúrát abból a szempontból, hogy mely tételeket lehet a beszerzett alapszerszámokon üregesen kovácsolni. Felállítottuk a sorrendet, amely alapján a változtatást végrehajtjuk. Nagyon fontos volt a sorrend kialakításában, hogy figyeljünk a technológiaváltás költségeit is (új szerszám, alapanyag beszerzés, segédeszköz, forgácsolási szempontok stb.). Fontos kritérium volt a sorja nélküli (zárt üreges) kovácsolásra alkalmas kovácsdarabok kiválasztása is. Ezek után kezdtük el a szerszámok, a kiinduló rúdméreteket ellenőrzését, új szerszámok tervezését.

A kovácsdarabok és kovácsoló szerszámok tervezésére új szoftvert vásárolt a vállalat, amellyel már 3D-s tervek, modelleket készíthettünk. Ehhez kapcsolódva egy 3D-s CNC-marógépet is vásároltunk, így a kovácsolószerszámok gyártása gyorsabb, és méretpontossága lényegesen jobb lett.



■ 3. ábra. Kovácsolószerszám



■ 4. ábra. Rúddaraboló képesség vizsgálat

A kiinduló alapanyag minőségét is vizsgáltuk, az alacsonyabb hőmérséklet-tartományban történő kovácsolás és a pontosabb darabolási tömeg elérése céljából. Ez elengedhetetlen feltétele volt a sorja nélküli (zárt üreges) kovácsolásnak. Ebben a rúdbeszállítóink nagy segítséget adtak.

A fejlesztés eredményét mutatja a 3. ábra: kétüreges szerszám sorja nélküli kovácsolással. A termelékenység 4000 db/műszakról 9000 db/műszakra növekedett, az anyagmegtakarítás 15% volt. A kiinduló rúd tömegének szórását a 4. ábra mutatja. Látható a nagyon szűk tartomány a darabolt rudak tömegében, ami elengedhetetlen a sorja nélküli kovácsoláshoz.

A technológiafejlesztés első fázisának lezárása előtt értékeltük az eredményeket és meghatároztuk a további lépéseket. A fejlesztés által nem érintett kovácsdarabokat, amelyeket a két alapszerszámmal nem lehetett, illetve nem volt gazdaságos gyártani, újra átvizsgáltuk. Az excenter sajtok gyártója rendelkezett más típusú alapszerszámokkal is. Kiválasztottunk még két típust, és a gyártani kívánt alkatrészek figyelembevételével gazdaságossági számításokat végeztünk az alapszerszámok megtérülésére. Az eredmények azt mutatták, hogy érdemes beruházni, így megteremtve a technológiai fejlesztés folytatását. Az egyik alapszerszám vízszintes osztású, a másik alapszerszám négy „megtartójából” kettő szögben és térben is állítható. Így a kovácsdarabok több mint 90%-a a négy „lapszerszámmal” legyártható.

A szerszámtervezési módszereinken is változtattunk és kialakítottuk a 2+2 üreges szerszámokat, melyek lényege, hogy két üreget egyszerre használunk és két üreg tartalék a szerszámban. Ez azt jelentette, a két elhasználdott üreg miatt nem kell leselejtezni a kovácsolószerszámot, hanem 90°-kal elfordítva két új üreg áll rendelkezésre. Ezzel jelentősen megnövekedett a szerszámok élettartama. Kiterjeszthettük a sorja nélküli kovácsolást olyan darabokra is, melyeket addig sorjával gyártottunk és külön műveletben kellett eltávolítani azt.

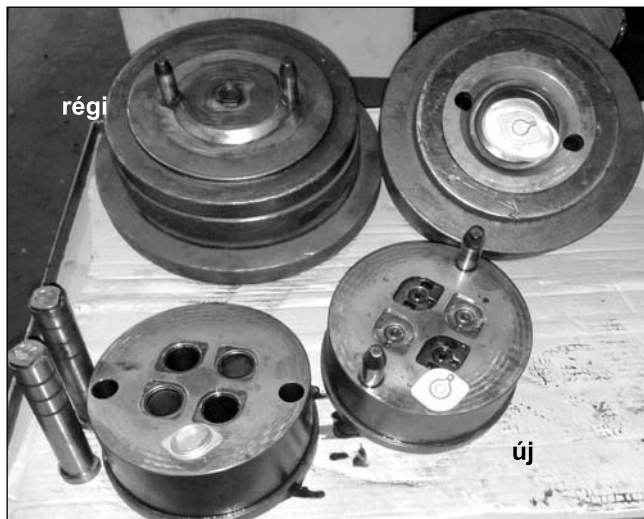
A kétüreges valamint a sorja nélküli kovácsolással jelentős termelékenységnövekedést és anyagmegtakarítást értünk el. Az 5. és 6. ábra illusztrálja az előbbieket.

3.) Alapanyag

A technológiai fejlesztés előtt döntően saját gyártású folyamatosan öntött, hántolt sárgaréz rudat használtunk kovácsolásra, minimális volt a vásárolt sajtoló rúd felhasználása. Az öntött rúd minősége különösen az átmérő szórása a hagyományos technológiának megfelelő volt, de az új technológia megkívánta a szigorúbb mérettűrésű rúd (kovácsolási tömeg) alkalmazását. Az olvasztómű megszüntetésével megszűnt a rúdgyártás is a TEKA Magyarország Zrt.-nél (Mofém), így áttértünk a vásárolt sajtoló rúd használatára. Nagyon fontos volt számunkra, hogy a beszállító ne a

szabvány szerinti átmérő tűréssel ($\pm 0,3$ mm), hanem annál szűkebb tűréssel szállítson. Követelmény még,

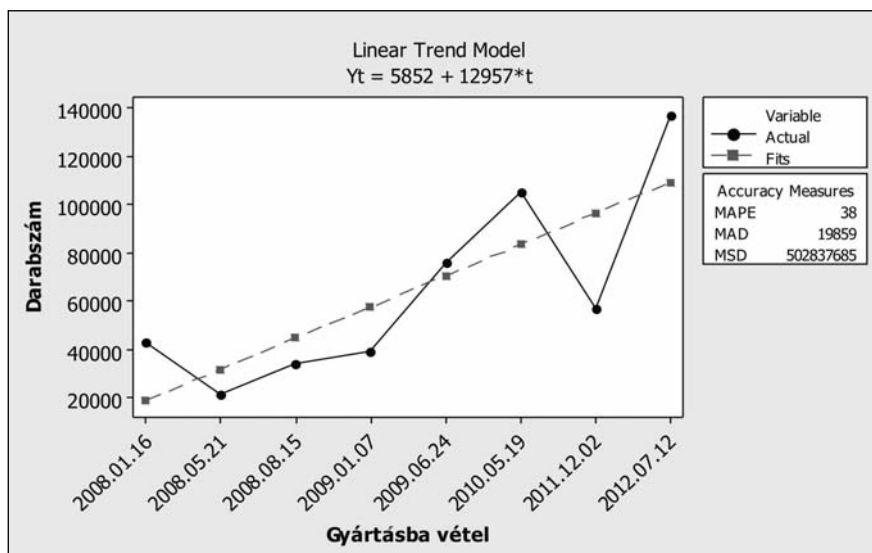
hogy a rúd felülete sötétített legyen (hőátadás) és összetétele biztosítsa az alacsony hőmérsékleten és szűk hőmérséklet-tartományban (energiafel-



■ 5. ábra. Régi és új kovácsolószerszám



■ 6. ábra. 2+2 üreges kovácsolószerszám



■ 7. ábra. A kovácsolószerszám élettartamának változása

használás) való kovácsolást. Ezeket a követelményeket a beszállítók megértették. A használt rúdminőségek: CuZn40Pb2 (CW617N; Z48); CuZn36 Pb2As (CW602N). Technológiai kísérletek folynak még az ólommentes (CuZn21Si3P) és a kis ólomtartalmú rudakkal. A sorjamentes kovácsolás megkövetelte a szigorú súlytűrést, így ennek érdekében digitális mérlegen folyamatos gyártásközi ellenőrzést végeztünk be.

4.) A kovácsolószerszám anyaga

Az előbbieken leírt kovácsolószerszám módosítások a fejlesztés során megkövetelték a kovácsolószerszámok anyagának vizsgálatát több okból is. A szerszámok bonyolultabbak lettek, elkészítésük több időt igényelt a szerszámgyártóktól. Az egy kovácsdarabra jutó szerszámköltség pedig a termékek versenyképességét (ár) befolyásolja.

A projekt keretében figyeltük a szerszámok élettartamát, az elhasználódás okát. Észleltük, hogy az átlagos szerszámelettartam, különösen a nagy sorozatban gyártott kovácsdaraboknál, viszonylag alacsony. Megállapítottuk, hogy a K14-es szerszámacél már nem felel meg az általunk támasztott követelményeknek. Kísérleteket végeztünk különböző gyártóknak melegalakításra javasolt anyagaival. A szerszámok edzésének, hőkezelésének kísérleteit is elvégeztük. A vizsgálatok eredményeként a kovácsolószerszámok alapanyagául a W302-es szerszámacélt, az alakító magok alapanyagául pedig a W360-as szerszámacélt választottuk. A 7. ábra mutatja egy kovácsdarab kovácsolószerszámának élettartam-változását.

Összefoglalás

Írásunkban bemutattuk a TEKA Ma-

gyarország Zrt. (Mofém) kovácsolóüzemében végrehajtott kovácsolási gyártástechnológiai fejlesztés folyamatát. A fejlesztési lépéseket egymásra kellett építeni.

A gyártástechnológiai fejlesztés mindig egy folyamat és a technológia minden szegmensére ki kell terjedjen:

- gyártóberendezés és kiegészítő berendezéseinek elemzése,
- kovácsdarabok konstrukciójának, gyártási technológiájának elemzése,
- új fejlesztésű kovácsoló gépek, alapszerszámok megismerése,
- alapanyaggal szemben támasztott követelmények meghatározása,
- modern tervezőszoftverek ismerete, használata,
- korszerű szerszámgyártási módszerek bevezetése,
- melegalakításra alkalmas szerszámacélok megismerése, alkalmazása.

NÉMETH TAMÁS

Új PROPERZI alumínium durvahuzal gyártósort épített az INOTAL Zrt.

A cikk egy új, évi 30.000 tonnás kapacitású alumínium durvahuzal öntvehengerlő üzem telepítésének előkészítését és kivitelezését mutatja be. Leírja egy meglévő olvasztókemence kapacitásnövelését célzó intézkedéseket, valamint rávilágít az új gyártósor hűtővízigényét illető megfontolásokra. Szó esik a hengersorba illesztett edzőberendezés energiafelhasználásban és huzalminőségben megmutatkozó előnyeiről.

Az olvasók által bizonyára már több forrásból ismert a hír, miszerint egy új öntvehengerlő gyártósort vásárolt az INOTAL Zrt. az olasz PROPERZI-cégtől. Ezen ismereteket szeretnénk a projekt műszaki előkészítését, kivitelezését, valamint a gyártósor para-

métereit illető további részletekkel gazdagítani.

Bevezetésként fontos elmondani, hogy az INOTAL Zrt. az alumínium durvahuzal (12.900 tonna/év) mellett alumínium keskenyszalagot (6.000 tonna/év), alumínium hidegfolytatási tárcsát (6.200 tonna/év), valamint alumínium húzott huzalt (8.100 tonna/év) is gyárt. Látható, hogy a teljes éves mennyiségből a durvahuzal bázisú (durvahuzal és húzott huzal együtt) termékek hányada közel kétharmad.

A korábbi, de jelenleg még üzemelő öntvehengerlő gép 1972-ben készült, állapota az időközben eszközölt

fejlesztésekkel, a gondos üzemeltetéssel és karbantartással együtt is természetesen leromlott. Az üzemi zavarok okán fellépő kieső idő éves átlagban 20% felett volt, ami egyfelől a rendelések pontos teljesítésében jelentett bizonytalanságot, másrészt magas költségekkel (javítások, vagy az olvasztó- és az öntőkemencék állásidő alatti hőn tartása) terhelte a vállalat gazdálkodását.

Ezt a fenyegetést a vállalat vezetése csak egy új, 4,5 tonna/óra kapacitású berendezés (1. kép) rendszerbeállításával látta kivédhetőnek. A döntésnek lökést adott az is, hogy a meglévő ötvözetválasztékot nem lehetett a piacon szintén keresett, magasabban ötvözött termékekkel bővíteni. Ezeknek az alumíniumötvözeteknek (pl. AlMg3,5) a lényegesen magasabb alakítási ellenállása miatt a régi, alapvetően ötvöztelen alumíniumra méretezett állványok felépítése nem meg-

Németh Tamás A Miskolci Egyetemen szerzett fémalakító szakos kohómérnöki oklevelet 1986-ban. A cégcsoporthoz 1993-ban csatlakozott mint a SALKER Kft. ügyvezető igazgatója. Emellett más tagvállalatok jelentős beruházásait is irányította, jelenleg az INOTAL Zrt. műszaki igazgatója.

felelő, így a régi gép a piaci növekedés gátjává vált.

A műszaki és kereskedelmi egyeztetéseket követően a felek 2012. július 31-én írták alá az új öntvehengerlő gép szállítására vonatkozó szerződést. A műszaki előkészítés az új berendezés paramétereit mellett annak a meglévő vállalati rendszerekbe való beillesztésének feladatait, a szükséges új elemeket és módosításokat is áttekintette, melyek közül a következők jelentősebbek:

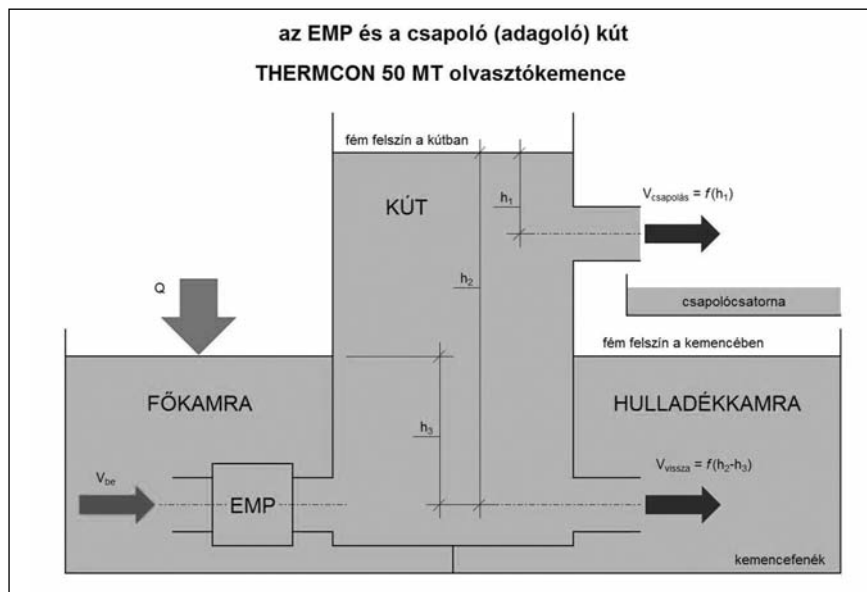
Új gyártócsarnok

Az öntvehengerlő gépsor hossza a folyékonyfém-ellátás elemei nélkül is 50 méter. Az öntökemencék folyékony fémrel való feltöltésére a leggyorsabb és legolcsóbb megoldás az olvasztókemencével való csapolócsatorna összeköttetés, ezért a meglévő olvasztókemence közelében kellett a komplett gyártósor helyét elképzelni. Ez a jelenlegi olvasztómű épülethez illesztett új gyártócsarnok, vele egy új, hűtővizet szolgáltató létesítményt tett szükségessé (2. kép).

Az olvasztókapacitás növelése

A kétkamrás, 50 tonna befogadóképességű olvasztókemence és a régi öntőgép kemencéi között 1,5 tonnás üstök alkalmazásával történt a fém-szállítás, amellyel legfeljebb napi 75 tonna folyékony fém átadása volt lehetséges. A kész adag kicsapolása az olvasztókapacitás szempontjából veszteség idő.

Az új, 39 méter hosszú csapolócsatornán (3. és 4. kép) történő folyékonyfém-szállítás ezekből a veszteségidőkből sokat megtakarít. Az új ön-



■ 1. ábra. Elektromágneses szivattyúval végzett csapolás elve

tőkemencék befogadóképessége 25 tonna. A korábbi szállítóüst technika 35 perc időigényével szemben a csatornán 12 perc alatt továbbítható ez a mennyiség, ezáltal az olvasztókemence napi teljesítménye 90 tonna körüli-re emelhető.

Az öntőgép maximális napi fémigénye azonban 108 tonna lehet, amihez magán az olvasztókemencén is kellett változtatásokat eszközölni. A két kemencekamra egyikében, az úgynevezett hulladékkamrában az oda adagolt betét olvasztása indirekt fűtéssel történik. Az ott elhelyezett levegő-földgáz égő csak a falazat hőveszteségét lenne hivatott pótolni, az energiát az elektromágneses fémszivattyú által a főkamrából keringetett meleg olvadék hozza. A kamra hőmérsékletviszonyait vizsgálva megállapítást nyert, hogy a beépített égő teljesítménye kicsi, nagyobb teljesítményű földgáz-levegő égőt viszont szerkezeti okok miatt

nem lehet elhelyezni. A fűtőteljesítmény növelésére a megoldás egy kompaktabb földgáz-oxigén égő beépítése, amivel az olvasztókemence napi teljesítménye 100 tonna lehet. Ez a mennyiség még mindig elmarad a legmagasabb napi 108 tonna fémigénytől, de a hiányzó napi 8 tonnát magukban az öntőkemencékben való beolvasztással lehetséges pótolni.

Az elektromágneses fémszivattyú átalakítása

A 39 méter hosszú csapolócsatornán való megbízható fémszállítás a számítások szerint percenként minimum 2 tonna tömegáramot igényel. A csapolás úgy történik, hogy a fémszivattyú (fokozatokban változtatható gerjesztésű szolenoid tekercs, benne kerámia csővel) a kerámia csővön keresztül egy felül nyitott, hengeres kútba továbbítja a fémét, ami onnan a



■ 1. kép. Az új öntvehengerlő egység látképe



■ 2. kép. A PROPERZI-sor számára épült új gyártócsarnok



■ 3. kép. A csapolócsatorna az olvasztókemence felől

hulladékkamra felé folyik tovább egy másik csövön (1. ábra). Csapoláskor a nagy szivattyút teljesítmény hatására a kútban a fémszint a csapolónyílás fölé emelkedik, a fém a csapolónyíláson kifolyik a csatornába. Számítások szerint a korábbi, 10 tonna/perc szállítóképességű fémszivattyú nem lett volna képes annyira megemelni a fémszintet, hogy – akár egy nagyobb nyíláson is – 2 tonna/perc tömegáramot lehessen biztosítani. Ezért nagyobb, 15 tonna/perc szállítóképességű fémszivattyút kellett beépíteni. Vele együtt a kerámia cső korábbi 110 mm-es átmérője 165 mm méretre bővült, ami a dugulások veszélyét jelentősen csökkentette.

Az öntőkemencék

Figyelemmel az olvasztókemence befogadóképességére, a választás kettő darab, névlegesen 25-25 tonna befo-

gadóképességű öntőkemencére esett (5. kép). A kemencék hidraulikus billentését az öntőcsatorna állandó fémszinttartására tervezett szabályozás irányítja. A kemencék mindegyike két 1250 kW teljesítményű földgáz-levegő égővel rendelkezik.

A hűtővízellátás

A gyártósor bemenete óránként 4,5 tonna folyékony alumínium, 690 °C hőmérséklettel, ami a sor végén, durvahuzalként a csévéltre tekerve 60 °C körüli hőmérsékleten távozik. Ezt a hőt az alakításhoz szükséges villamos teljesítménybevitellel kiegészítve belátható, hogy a hőenergia elvonása nagy kihívás a hűtőrendszer számára.

Az öntvehengerlő gépsor fő hűtőköre a hűtőtoronnyal együtt zárt, közege sómentes lágyvíz és 40% etilén-glikol keveréke ($T_{\max} = 30\text{ °C}$; $V = 4223\text{ l/min}$; $p = 4\text{ bar}$). A víz tervezett 7,8 °C hőmérséklet-növekedését figyelembe véve a szükséges hűtőteltjesítmény legalább 2.300 kW. A vízhűtő torony a vízkezelő épület tetején elhelyezett tartószerkezeten van.

A fő hűtőkörön kívüli, egyéb technológiai vizek (öntőgép hűtővíz, emulzió, edzővíz stb.) párolgási veszteségét pótolni kell. Ehhez az óránként 10 m³ kapacitású vízlágyító berendezés a saját kútból nyert ivóvíz felhasználásával sómentes lágyvizet állít elő, amiből a technológiai igény óránként 2,5 m³.

A gépházban a technológiai vizeket a sómentes lágyvíz és az ivóvíz – kísérletekkel megállapított arányú – keverékeként állítják elő, ezért az ivóvíz és a sómentes lágyvíz tetszőleges arányú keverésének lehetősége a vízházban biztosított.

Az edzési művelet módosítása

Az alapvetően ötvöztelen alumíniumhoz tervezett régi gyártósoron helyi fejlesztések eredményeként korábban is lehetséges volt a nemesíthető 6101 (AlMgSi0,5) és 6201 (AlMgSi0,7) számú vezetékötvezetek gyártása. Az utóbbi időben az edzési műveletet egy 2 órás ciklusidejű áttoló kemencében, levegő atmoszférában végezték, ahol a tekercseket 520 °C hőmérsékletre való hevítés és hűt tartás után vizes medencébe merítették.

Az edzőkemence 2 órás ciklusidejéhez képest azonban az öntőgépen félóránként képződött egy tekercs, a két művelet kapacitását csak egy „pufferrel” lehetett összehangolni. Belső logisztikai megfontolásokból az öntvehengerlés és az edzés közötti „puffer” nagysága kb. egy napi termelés volt. A tekercsek ezalatt lehűltek, az edzőkemence energiafogyasztása ennek megfelelően magasnak alakult.

További energiaigényként jelentkezett a szárítás, mert az edzést követően a durvahuzal felületén maradt vizet a húzási művelet előtt egy villamos fűtésű kemencében távolították el.

Az új öntvehengerlő gépsoron ezek a műveletek lényegesen egyszerűbbek. A készárvány után, a sorba illesztve helyezkedik el egy edzőalagút (6. kép), ahol zárt rendszerben keringetett lágyvíz és sűrített levegő felhasználásával a hengerekkel kilépő durvahuzal 1 másodperc alatt 60 °C hőmérsékletre hűl. Korábban a 300 °C körüli hőmérsékleten tekercselt durvahuzal tulajdonságai az egyenlőtlen lehűlés miatt a tekercs keresztmetszetében, így a durvahuzal hossza mentén sem voltak egyenletesek, ami fontos minőségi követelmény.



■ 4. kép. Csapolócsatorna az öntőkemencék felől



■ 5. kép. 25 tonnás öntőkemencék a folyamatos öntés biztosítására

A régi berendezéshez hasonlítva az újon az edzés és szárítás nem igényel további energiabevitelt.

Többlet energiaigényként csak a lágyvíz előállítás és keringetés, illetve a felhasznált sűrített levegő előállítás jelentkezik, azonban a mérleg határozottan pozitív az új berendezés javára.

További mérőföldkövek

A helyi előkészületekkel párhuzamosan folyt külföldön az öntvehengerlő gépsor elemeinek gyártása, és azok a szerződésnek megfelelően 2013 augusztusában meg is érkeztek. A telepítés pedig 2013. november végére elkészült. A funkció- és működéstervezetek, valamint a hidegpróbák után 2014-01-31 (péntek) 12:31-kor Angelo

Massimini és Roberto Fierli olasz mérnökök irányításával Zsigovics András öntő megkezdte az első próbaöntést, ami sikerrel zárult.

A különböző átmérőjű és anyagminőségű termékek próbái után a 1370 (Al99,7), 6101 (AlMgSi0,5) és 5154 (AlMg3,5)

összetételű termékek sikeres gyártási tesztjével az átadás-átvételi eljárás lezárult. A folyamatos üzemhez szükséges teljes kezelőszemélyzet kiképzése után, 2014. június 18-án a durvahuzal gyártás áttelepítése



■ 6. kép. Durvahuzal gyorsíté

befejeződött és a régi berendezés tartalékba került.

Gratulálunk az INOTAL Zrt. projektben közreműködő munkatársainak és a beszállítóknak, kivitelezőknek.

Szakmai Nap a HILTI Szerszám Kft. kecskeméti gyárában

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezete a LEAN Szakcsoporttal közösen kialakított szakmai programtervének megfelelően rendezte meg kecskeméti szakmai napját, melynek keretében látogatást tett a Hilti Szerszám Kft.-nél és azt követően a Mercedes-Benz Manufacturing Kft.-nél.

A 25 főnyi szakembercsoportot a Hilti kecskeméti gyárának ügyvezető igazgatója, Takács Gyula és munkatársai fogadták a telephely reprezentatív bemutatótermében. A rendezvény a vendégek egyenkénti bemutatkozásával kezdődött, amelynek a házigazdák is örültek, mert látták a szakterületi összetételt, és ennek megfelelően alakították a bemutatandó technológiával kapcsolatos mondanivalójukat.

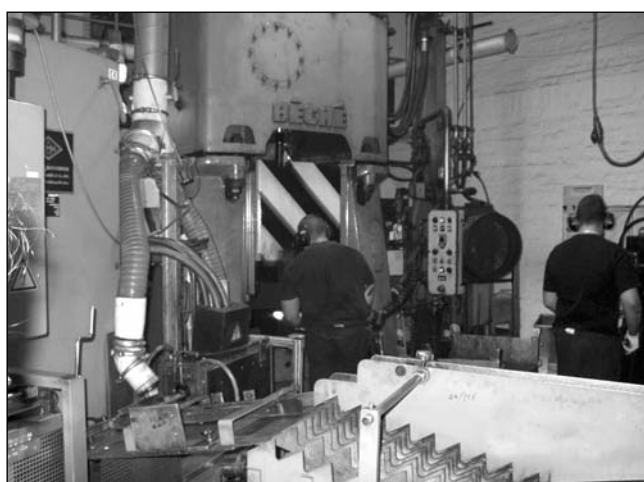
Takács Gyula – megköszönve a vendégek bemutatkozását –, mindjárt lehetőséget látott a náluk három éve elkezdett, szintén a LEAN keretében végzett rendszeroptimalizálási és termékgyártás nyomon követési gyakorlat megvitatására, és kérte az e területen dolgozó vendégkollégákat, hogy az üzemlátogatás során tapasztalataikat a látogatás végeztével beszéljék meg velük, akár írásos formában is.

A bemutatkozás szervezeti szinten

is megtörtént: mind a Kecskeméti Helyi Szervezet – Dánfy László elnök –, mind a LEAN Szakcsoport – Csonka László elnök – beszámolt a helyi és országos kiterjedésű egyesületi szakmai munkáról.

Ezt követően Takács úr a Hilti családi vállalat történetét és mai helyzetét ismertette.

A lichtensteini központtal rendelkező cégnek Kecskeméten túl Svájcban, Ausztriában, Olaszországban, Kínában és az USA-ban van gyára. Martin és Eugén Hilti 1941-ben alapította a céget. 1960-ban lett részvénytársaság, 1980 óta holdingként trösztli szervezetben működik. A Kecskeméti Gyár, amely ma 3200 tonna terméket állít elő, az egykori Reszelőgyárból alakult ki. Termékeik 1989-től alapvetően a vésők, majd 1995-től a fúrók is megjelentek. Ma évente 200 féle vésőből 1,3 M db-ot, az 500 féle fúróból 2,6 M db-ot



■ Üzemlátogatás a Hilti Szerszám Kft.-nél

gyártanak háromműszakos munkarendben. Az éves mennyiségi növekedés átlagosan 3%. Kecskeméten – a legutóbbi fejlesztést is beszámítva – 117 fős létszámuk 227-re emelkedett. A Kecskeméti Főiskola GAMF Karával együttműködve részt vállalnak a „duális” mérnökképzésben, amely során két nyelvet (angol, német) kell elsajátítaniuk a náluk gyakorlaton lévő szerződött hallgatónak.

Az itteni technológia során magas hozzáadott értékkel hagyják el a termékek a gyárat. A „pormentes fúró” családjuk 60%-ban magyar szellemi

termék, melyből ma 100 000 db-ot gyártanak évente. A vágótárcsacsatlódót 2013-tól gyártják. Meg kell felelniük az NQA (Nukleáris Minőségbiztosítás) feltételeinek. A tájékoztatást követően Balogh Gábor központi mérnök és egy másik kollégája a látogatókat két csoportra osztva bemutatta a technológiai sort, amely a programozott darabolással kezdődik, majd a hegyemegmunkálás, a profilkovácsozás, az indukciós edzés, vésőknél a kovácsüzemi tömörítés és a hosszsztergálási műveletekkel folytatódik. A lépések többségét robotok végzik. A

kovácsüzemi munka során a berendezések vibrációs mozgása és a magas hangterhelés szükségessé teszi az ott dolgozók forgószínpadszerű időszakos cseréjét, a vonatkozó munkavédelmi előírások betartása érdekében. Megnéztük a kémiai és vibrációs kopató felülettisztítást és a gyémántszerszám-készítés zártüzemű forgácsolási és lézerhegesztési folyamatait is.

Az üzemi sétát követően utunk a saját gyártású fúrók és vésők vizsgálati helyiségeihez vezetett, amely négy, egymástól hangszigetelten elválasztott csarnokrészben helyezkedik

el. A szabványos vasbeton és vasalattal betontömbökön végzik a kísérleti fúrásokat, melyek mindegyike csak zárt ajtó mellett működhet. Itt éreztük igazán a gyár hitvallását, mely szerint „A minőség mindenek előtt”.

Az üzemi látogatás után az igazgató és munkatársai a felmerült kérdésekre adtak választ és feljegyezték azokat az észrevételeket, melyeket a náluk gyakorolt LEAN rendszerrel kapcsolatban jeleztek a szakmabeli vendéggel.

Dánfy László és Csonka László

**Az OMBKE Fémkohászati Szakosztálya és Egyetemi Osztálya
2014. november 7-én (pénteken) a Miskolci Egyetemen rendezi meg a**

XV. FÉMKOHÁSZ SZAKMAI NAPOT

Előzetes program:

14:00–17:00 Szakmai előadások

17:30 Kamarahangverseny

18:00 Szakestély

A részletes programot a szervezőbizottság az érdeklődőknek megküldi.

MEGHÍVÓ

**az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezetének és
az Országos Erdészeti Egyesület Csongrád Megyei és Kecskeméti Helyi Csoportjainak
2014. október 3-án tartandó
közös rendezvényére**

Szegedi Szakmai Nap „Erdők Hete” Ásotthalom

Helyszínek:

Szegedi Finomöntőde Kft., Szegedi Öntőde Kft.,
Kiss Ferenc Erdészeti Szakképző Iskola, Kiss Ferenc Emlékerdő Guller István Arborétuma,
Bedő Albert Középiskola Erdészeti Szakiskola és Kollégium

Információ:

Dánfy László 30-959-7204, danfylaszlo@t-online.hu

Kocka Zoltán 30-626-1489

Sere Ferenc 30-415-7091

Széll Pál 30-654-9351, szellpal@tanet.hu

Jelentkezési határidő: 2014. szeptember 15.

BÁLINT ATTILA – MÁJLINGER KORNÉL – SZLANCSIK ATTILA

Fém gömbhéj erősítésű szintaktikus fémhabok mechanikai tulajdonságai

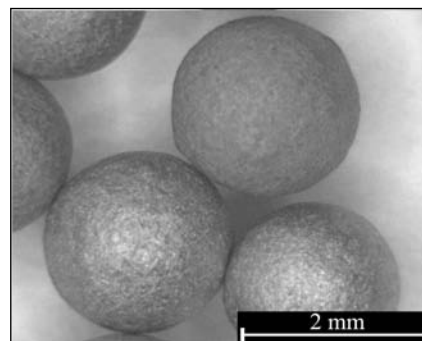
Fém gömbhéj (100% Fe) erősítésű Al99,5 (kohófém), AlSi12, AlMgSi1 és AlCu5 mátrixanyagú kompozitokat állítottunk elő kisnyomású infiltrálással, mely során a gömbhéjak térkitöltését ~ 64 tf%-on tartottuk. Az AlMgSi1 és AlCu5 mátrixú próbatestek felét oldó hőkezelés után vizsgáltuk, másik felét kiválasztásos keményítés után. Az előállított kompozitokon zömítő vizsgálatokat végeztünk a DIN 50134 szabvány szerint, három magasság-átmérő viszony mellett ($H/D=1 - 1,5 - 2$) esetenként 6-6 próbatesten.

A szerkezeti merevség, platófeszültségek, a teljes elnyelt energiaértékek mind növekedtek a nagyobb H/D viszsonnyal, az 1% alakváltozásig elnyelt energiaértékek pedig csökkentek. A fémhabjaink nyomószilárdsági értékei ~ 30–80 MPa közé estek, a legkisebb az Al99,5, a legnagyobb a kiválasztásos keményített AlCu5 mátrixú kompozitoké volt, a szerkezeti merevség értékek pedig ~ 1000–7000 MPa között változtak. A gömbhéj és mátrixanyagok közötti interfészréteg vastagsága az energiadisziperzív röntgenspektroszkópia szerint 6–12 μm vastagságú volt.

1. Bevezetés

A szintaktikus fémhabok olyan részecskeerősítésű fémmátrixú kompozitok, amelyekben az erősítőanyag gömbhéjak halmaza. A szintaktikus fémhabok kifejlesztésének célja olyan könnyű kompozitok létrehozása, amelyek nagy energiaelnyelő képességgel, kis önsúllyal és a „szokványos” (erősítőfázist nem tartalmazó) fémhabok között kiemelkedő fajlagos mechanikai tulajdonságokkal bírnak. Ezekkel a jellemzőikkel fontos szerepet játszhatnak a kisebb önsúly miatti kisebb energiaigényű berendezések megvalósításában is [1]. A szintaktikus fémhabok mátrixanyagaként (a fenti célok elérése érdekében) elsősorban könnyűfém ötvözeteket alkalmaznak. Az esetek többségében ez valamilyen alumíniumanyag (legelterjedtebben Al99,5 kohófém, gyártástechnológiai

szempontból vizsgálták még a Si ötvöztetésű öntészeti alumíniumötvözeteket, valamint a szilárdságnövelés érdekében a Cu-, Mg+Si-, illetve Zn-ötvözeteket is), bár előnyös tulajdonságai miatt a magnéziumötvözetek is potenciális mátrixanyagok [2, 3]. A szintaktikus fémhabok gyártására az egyszerű bekeverés [4] és gravitációs öntés [5] mellett legelterjedtebben a nyomásos infiltrálást alkalmazzák [6–12]. Ennek során általában inert gáz (Ar) nyomásával, a kisnyomású melegkamrás öntéshez hasonlóan történik meg a mátrixfém gömbhéjak közé juttatása. A technológia során az infiltrálási nyomásnak meg kell haladnia egy értéket, az úgynevezett küszöbnyomást, amit számos modellel meg lehet határozni [13–15], ez a feltétele (alsó korlátja) a sikeres kompozitgyártásnak. Az infiltrálási nyomásnak van egy felső küszöbértéke is, ami annak a nyomás-



■ 1. ábra. A vas gömbhéjakról készült sztereomikroszkópos felvétel

nak felel meg, amikor a gömbhéjak az infiltráló nyomás alatt berepednek és maguk is megtelnek az olvadt fémmel.

A gyártás mellett a szakirodalom legfőképpen az előállított kompozitok mikroszerkezeti vizsgálatával [16] és a nyomóvizsgálattal meghatározható mechanikai tulajdonságok mérésével [17] foglalkozik. Utóbbit az esetek többségében önálló gondolatmenet szerint, habár a fémhabok nyomóvizsgálatára 2008 óta már szabvány is létezik [18].

A szakirodalomban publikált esetek túlnyomó többségében az erősítőanyag valamilyen oxidkerámia. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a kereskedelmi forgalomban fém gömbhéjak is elérhetőek [19]. Az ezekről összegyűjtött tudásanyag jóval kisebb [20–22], ezért azt a célt tűztük ki ebben a cikkünkben, hogy alumíniummátrixú, tiszta vas gömbhéj erősítéses szintaktikus fémhabokat állítsunk elő és megkapjuk az előállított kompozitok nyomóvizsgálatokkal meghatározható mechanikai tulajdonságait.

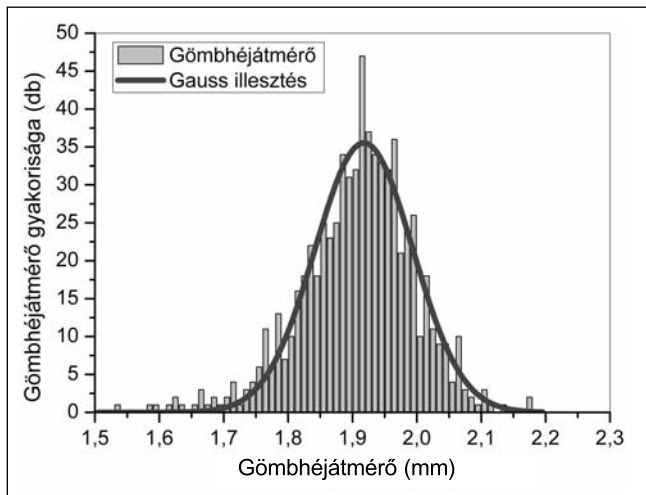
2. Alkalmazott anyagok és kísérleti módszerek

2.1. A kompozitok előállítása

Kísérleteink során kohófém tisztaságú

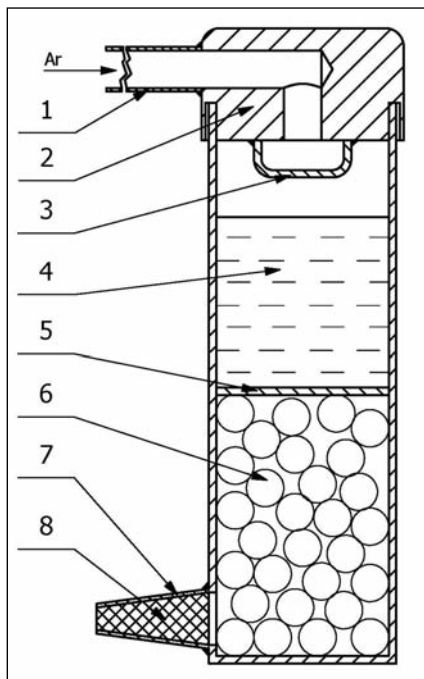
Bálint Attila és Szlancsik Attila harmadéves BSc-hallgató a BME Gépészmérnöki Karának Anyagtudomány és Technológia Tanszékén.

Májlinger Kornél okleveles gépészmérnök, nemzetközi hegesztőmérnök, a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszékének adjunktusa. Öntöttvas motorblokkok futófelületének lézersugaras kezelése témaköréből szerzett PhD-fokozatot, 2010 óta kutatási területe a fémmátrixú kompozitok és hibridkompozitok fejlesztése és vizsgálatai.

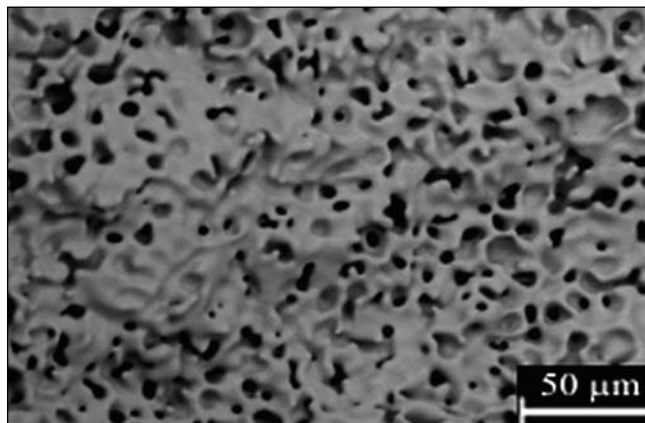


■ 2. ábra. A gömbhéját mérő értékek eloszlása és az illesztett Gauss-görbe

alumíniumot és különböző alumínium-ötvözeteket használtuk mátrixanyag-nak a fémhábaink gyártásához (Al99,5, AISi12, AlMgSi1 és AlCu5). A kiválóan keményíthető ötvözeteket (AlMgSi1 és AlCu5) kétféle hőkezelési állapotban vizsgáltuk. Az első az ASM-ajánlás [23] szerinti oldó (O) hőkezelés, ami 1 óra hőntartás 520 °C-on, majd gyors hűtés vízben. A másik a T6 jelű kiválóan keményítő hőkezelés, amely során az oldó hőkezelést és gyors hűtést követően az ötvözetet 14 órán keresztül 170 °C-on öregítjük. Erősítőanyagként minden



■ 4. ábra. A kisnyomású infiltrálás schematikus elrendezése: 1. gázbevezetés, 2. zárófedél, 3. gázterelő lemez, 4. ömledék, 5. fémháló, 6. gömbhéjak, 7. gázvezetők, 8. Al₂O₃ paplan



■ 3. ábra. SEM-felvétel a vas gömbhéj faláról

Hollomet GmbH [19] által gyártott, Globomet márkajelzésű tiszta vas anyagú gömbhéjat használtuk.

Az erősítőanyagot részletesebben is megvizsgáltuk, mivel ez a fő teherviselő elem. A gömbhéjak átmérőjének a gyártó által megadott mérettartománya 1,4–1,8 mm. Saját vizsgálataink során 700 gömbhéj átmérőjét mértük meg sztereomikroszkóppal (1. ábra).

A mért értékeket század milliméteres átmérőtartományokra felosztva gyakoriság-eloszlás diagramot készítettünk, és erre Gauss-görbét illesztettünk (2. ábra). Így az átlagos átmérő a gyártó által megadott értékekkel ellentétben 1,9 mm-re adódott. A gömbhéjak sűrűsége $\rho = 0,4 \text{ g cm}^{-3}$ volt. A sérült gömbhéjak mennyiségét vízben való lebegtetéssel határoztuk meg, ennek értéke 16%-ra adódott. A gömbhéjak összetétele elektronsugaras mikroanalízis (EDS) alapján 100% Fe, a többi elem a detektálási határ alatt volt.

A jó minőségű kompozitok előállításához elengedhetetlen a megfelelő felületi adhézió, ezért a gömbhéjak felületét is megvizsgáltuk pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM). A SEM-felvételeken (3. ábra) jól látszik a gömbhéj falának szivacsossága, ami nagy felületének köszönhetően várhatóan jó kapcsolatot létesít a mátrixanyag és a gömbhéj között.

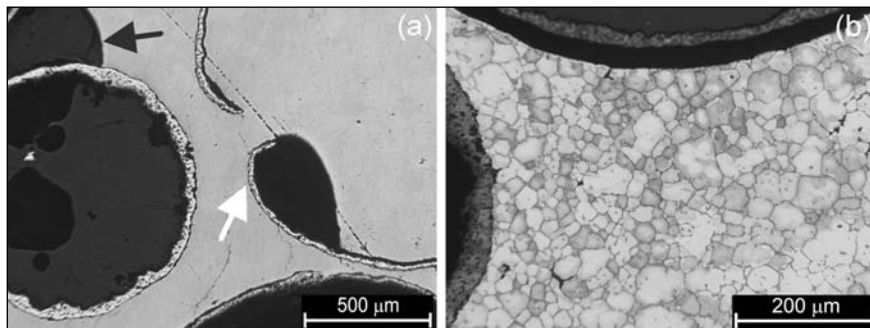
A szintaktikus fémhabokat többféle eljárással állíthatjuk elő, bekeveréses módszerrel, gravitációs öntéssel, valamint a kis- és nagynyomású infiltrálással is. Rövid vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a kisnyomású infiltrálással lehet a legjobb minőségű Globomet gömbhéj erősítésű alumíni-

ummátrixú fémhabot előállítani. A gyártás során alkalmazott infiltráló berendezés elvi elrendezése a 4. ábrán látható. Öntőformának egy az alján behegesztett zártszelvény darabot használtunk, aminek az oldalára egy gázvezetőköt hegesztettünk, amit megtöltöttünk Al₂O₃ paplannal annak érdekében, hogy amikor ráadjuk a nyomást a rendszerre, az olvadt alumínium ne tudjon kifolyni a tégelyből. A tégely falát grafit sprayel bevontuk és a feléig megtöltöttük gömbhéjakkal, majd kézi ütögetéssel tömörítettük és a gömbhéjakat egy fémhálóra leszorítottuk. Az öntőformát kemencében előmelegítettük 315 °C-ra, majd beleöntöttük a 700 °C-os mátrixanyagot. A zárófedéllel lezártuk a tégelyt és 30 másodpercig 4 bar nyomást adtunk rá argon gázzal. Ezt követően a tégelyt kívülről vízzel hűtöttük.

A próbatetek elnevezése a következők szerint történt: mátrixanyag-erősítőanyag (hőkezelés). Például az AlCu5-GM (O) jelölés megfelel az AlCu5 mátrixanyagú, Globomet erősítőanyagú, oldó hőkezelésnek alávetett fémhabnak.

2.2. Vizsgálótechnikák

A fémhabok fontos tulajdonsága a sűrűségük, ezért elsőként ezt vizsgáltuk meg Archimédész-módszerrel a habokból készített zömítő próbatetekben, egyesével is, majd az eredményeket átlagolva. A fémhab sűrűségét számításokkal is becsültük, a jellemző 1,9 mm gömbhéját mérővel, 0,4 g cm⁻³ sűrűséggel és 64%-os térkitöltéssel számolva kaptunk egy ideális sűrűségértéket (ρ_{id}). Ezt az értéket korrigáltuk a sérült gömbhéjak infiltrálódása miatti sűrűség-növekedéssel, az így



■ 5. ábra. a) Az Al99,5-GM polírozott próbatesszt fénymikroszkópi képe, b) az AlCu5-GM (O) maratott próbatesszt fénymikroszkópi képe

1. táblázat. A próbatesszt sűrűségvizsgálatának eredményei

Kompozitok Sűrűségértékek (gcm ⁻³)	Al99,5-GM	AlSi12-GM	AlMgSi1-GM	AlCu5-GM
Ideális ($\rho_{id.}$)	1,37	1,35	1,37	1,48
Korrigált ($\rho_{kor.}$)	1,62	1,60	1,62	1,76
Mért sűrűség ($\rho_{mért}$)	1,41	1,42	1,60	1,72

2. táblázat. A gömbhéj és a mátrixanyag közötti átmeneti réteg vastagsága a különböző mátrixanyagú kompozitoknál

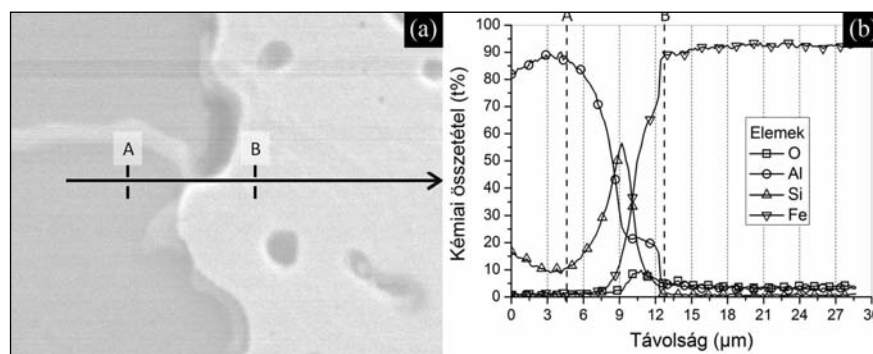
	Al99,5-GM	AlSi12-GM	AlMgSi1-GM	AlCu5-GM
Átmeneti réteg vastagsága (μm)	6–8	7–9	8–10	9–12

kapott értéket korrigált sűrűségnek ($\rho_{kor.}$) neveztük el.

Az infiltráció jóságát metallográfiai vizsgálatokkal is ellenőriztük. A legyártott minta egy jellegzetes részéből egy nagyjából 20×20×10 mm-es darabot levágtunk, és Duracryl Plus műgyantába ágyasztunk, 15 percig 2 bar nyomáson tartva. A mintákat először vizesen csiszoltuk, sorrendben P 80, 160, 320, 600, 1200 és 2500-as SiC szemcsészetű csiszolópapírokon. Ezt követte a minták polírozása először 3 μm-es majd 1 μm-es szemcsenagyságú gyémántsuszpenzióval 40 percig ill. 30 percig, végül 0,05 μm-es szemcsenagyságú γ -Al₂O₃ szuszpenzióval 20 percig.

Az ömledék állapotban lévő alumínium rendkívül reakcióképes anyag, az infiltrálás során a gömbhéj falát is képes oldani, így a két anyag között létrejön egy úgynevezett interfész réteg. A réteg vastagságát Phillips XL-30 pásztázó elektronmikroszkóppal vonal menti energiadisziperzív röntgenanalízissel (vonali EDS) vizsgáltuk meg. A vizsgálat során EDAX Genesis detektort használtunk, a gyorsítófeszültség 20 kV volt 35 μs-os detektorkioldási és 15 s gerjesztési idő mellett.

A szintaktikus fémhabok fő igénybevétele a nyomás, ezért zömítővizsgálatokat végeztünk a mechanikai tulajdonságaik meghatározásához. A nyomóvizsgálathoz a hengeres D=14 mm átmérőjű próbatessztet a kompozit tömbökből esztérgálással munkáltuk ki, H/D=1 - 1,5 - 2 magasság/átmérő viszony mellett. Karcsúságoként 6-6 próbatessztet, tehát kompozitonként 18 darabot zömítettünk. A vizsgálatokat MTS 810 típusú hidraulikus, univerzális anyagvizsgáló gépen végeztük el. A nyomófelületeken kettős kenést (alumíniumfóliával elválasztva) alkalmaztunk Loctite Anti-size kenőanyaggal. A próbatessztet



■ 6. ábra. a) Az AlSi12-GM polírozott próbatessztének SEM-felvétele és az EDS-mérés vonala, b) a vonal menti EDS-mérés szerinti elemeloszlás. Az átmeneti réteg kezdete (A) és vége (B) szaggatott vonallal jelölve

állandó sebességgel nyomtuk, a H/D=1 próbatessztet 0,1 mms⁻¹, a H/D=1,5 próbatessztet 0,15 mms⁻¹, valamint a H/D=2 próbatessztet 0,2 mms⁻¹ sebességgel. Ezek az értékek 0,01 s⁻¹ integrálközepű alakváltozási sebességnek felelnek meg. Az anyagvizsgáló gép erő – elmozdulás értékeit regisztrált. A kapott görbékénél korrigáltuk a beállási pontatlanságot. Az erő – elmozdulás görbét karcsúságoként (6-6 darabot) Origin program segítségével átlagoltuk, majd átszámoltuk mérnöki feszültség – mérnöki alakváltozás görbéké. A diagramok értékelését a DIN 50134 szabvány [18] szerint végeztük.

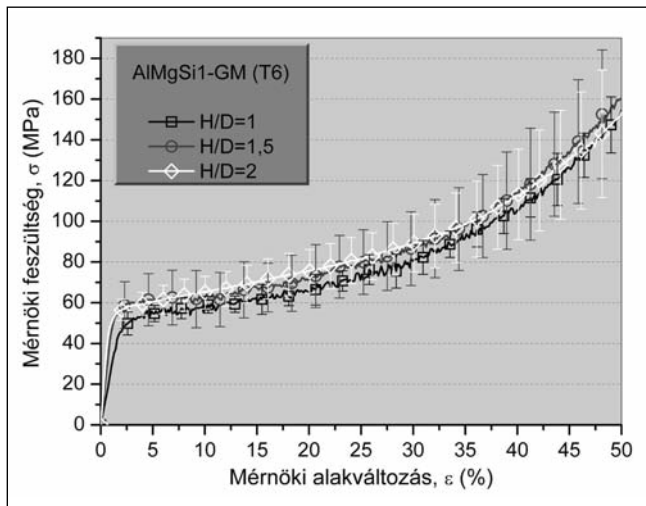
3. Eredmények és kiértékelésük

3.1. Az infiltráció jóságának vizsgálata

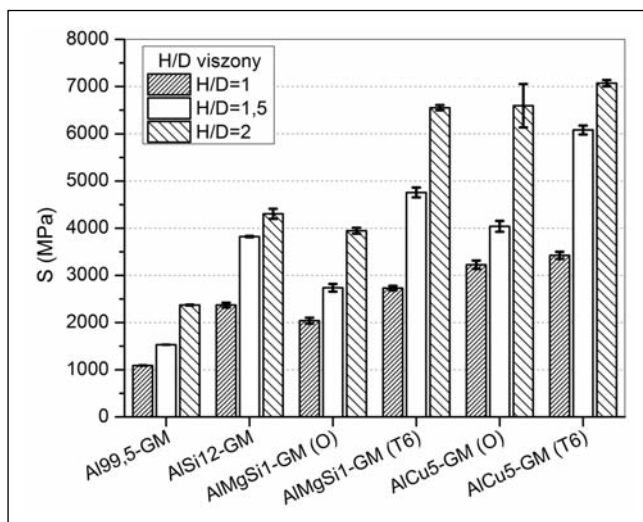
A sűrűségmérések eredményeit, a számolt és mért értékeket az 1. táblázatban foglaljuk össze. Az eredményekből látható, hogy a mért sűrűségek minden esetben a korrigált és az ideális sűrűség közé estek, de igen közel az elméleti értékhez. Ez azzal magyarázható, hogy az infiltráció nem volt teljesen tökéletes, nem kívánt porozítások miatt a sűrűség kisebb a korrigált értékeknél.

Két kompozit szerkezetét mutatja az 5. ábra. Elvértve található infiltrálási hibák a szerkezetükben, az 5a ábrán a fehér nyíl egy a sérült fal miatt infiltrálódott gömbhéjra mutat, míg a fekete nyíl a gömbhéjak közötti kis-mértékű porozításra.

Látható, hogy a gömbhéjak nem változtatták meg jelentős mértékben a szemcseszerkezetet. A mátrixanyag polygonális szemcsékből áll, de a



■ 7. ábra. Az AlMgSi1-GM (O) próbatestének átlagolt mérnöki feszültség – mérnöki alakváltozás görbéi három magasság/átmérő viszony mellett



■ 8. ábra. A kompozitok szerkezeti merevség értékei H/D viszonyonként

gömbhéjak falának közelében a kiválások mértéke megnőtt az erősen ötvöztött mátrixanyagok esetében. Ezek a kiválások az EDS-mérések tanúsága szerint főként szilíciumot tartalmaztak.

A vonal menti EDS-vizsgálatok során a gömbhéj belsejéből kifelé haladva, a falra merőlegesen a gömbhéj falán áthaladva, egy egyenes mentén megmértük az elemösszetételt és ábrázoltuk a távolság függvényében (6a ábra). Ezek alapján a gömbhéjakban a kemencében töltött idő alatt egy enyhe oxidációs folyamat ment végbe, ezt jelzi a fal felszínénél megnövekvő oxigén mennyisége (6b ábra). Emellett a vonal menti EDS-mérések során kapott görbéről meghatároztuk mind a négy anyagra az átmeneti réteg vastagságát (2. táblázat). Megállapítható,

hogy az átmeneti réteg vastagsága minden esetben 6–12 μm között változott.

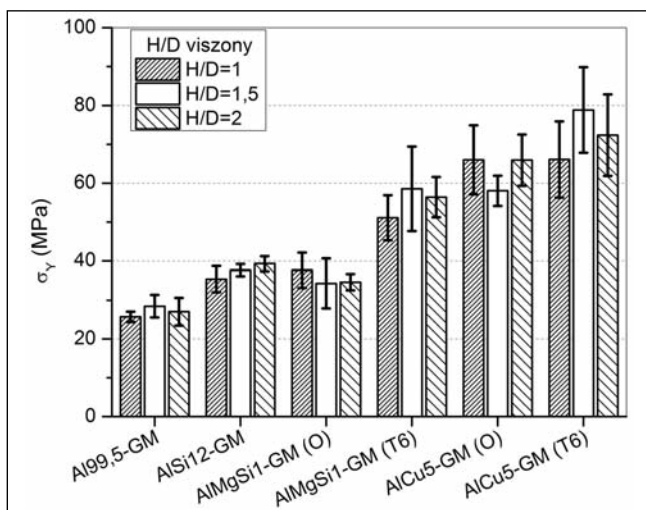
3.2. A nyomószervezeti tulajdonságok

Átlagolt nyomógörbét mutat a 7. ábra a három magasság/átmérő (H/D) viszony esetére. Jól látható, hogy a görbék kezdeti meredeksége a H/D viszony növekedésével egyre nagyobb, tehát nagyobb szerkezeti merevségre számíthatunk, valamint a H/D viszonyal nő még a platófeszültség és a teljes elnyelt energia mértéke is.

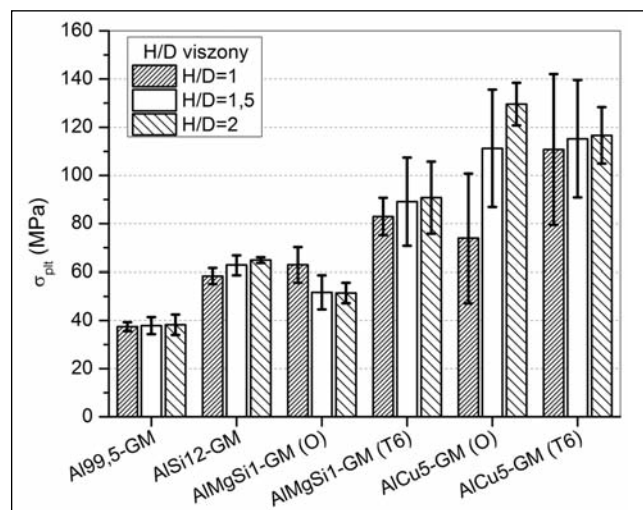
A 8. ábrán is megfigyelhető a szerkezeti merevség (S) növekedése a H/D viszony növekedésével az összes mátrixanyag esetében. Ahogy várható volt, a kiválások keményíthető ötvözeteknél az öregítő hőkezelés hatásá-

ra a merevség növekedett az oldó hőkezeltekhez képest. A többi mátrixanyag hatása is jól megfigyelhető, nagyobb szilárdságú mátrixanyag esetében nagyobb merevségi értékeket kaptunk. Az erősebben ötvöztött AlSi12-GM és AlCu5-GM (O) jelű minták oldó hőkezelt állapotban is merevebbnek bizonyultak az Al99,5 és AlMgSi1 mátrixanyagú kompozitoknál. A H/D viszony növekedésével általában a szórás nagysága is növekedett, ennek oka az, hogy a szintaktikus fémhabokban is vannak különböző infiltrálási hibák, minél nagyobb a próbatest, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy egy adott próbatesten több/nagyobb hiba forduljon elő.

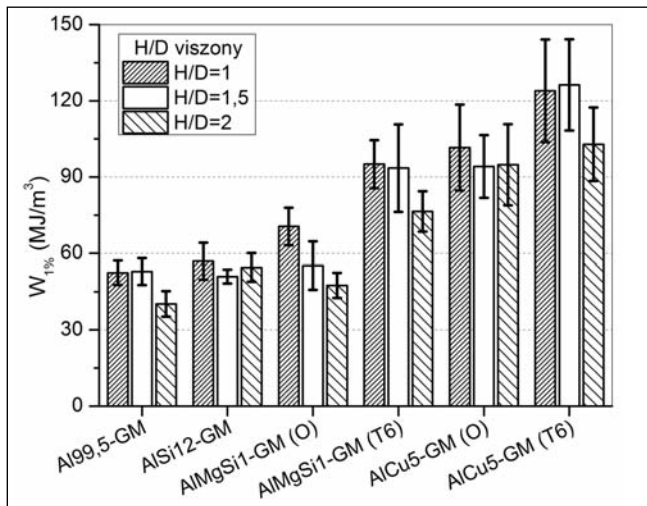
Az 1% maradó alakváltozáshoz tartozó nyomófeszültség, (σ_y) értékeit a 9. ábra szemlélteti. Ebben az eset-



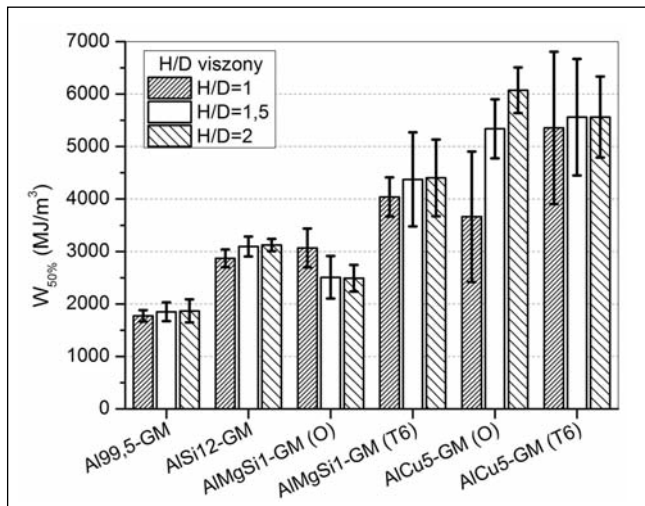
■ 9. ábra. Az 1% maradó alakváltozáshoz tartozó nyomófeszültség H/D viszonyonként



■ 10. ábra. A kompozitok platófeszültség értékei H/D viszonyonként



■ 11. ábra. A kompozitok 1% maradó alakváltozásához tartozó munkaértékek H/D viszonyonként



■ 12. ábra. A kompozitok 50% maradó alakváltozásához tartozó munkaértékek H/D viszonyonként

ben nem volt egyértelmű az értékek H/D viszonytól való függése, a szilárdságok minden esetben szóráson belül változtak. A kiválasztott keményített minták ebben az esetben is magasabb értékeket adtak, mint az oldott minták, hozzávetőlegesen 30%-kal, ez jelentős szilárdságnövekedésnek mondható.

A platófeszültség értéke (σ_{pl}) (10. ábra) a H/D viszony növelésével növekszik, az AlMgSi1-GM (O) minta kivételével. A mátrixanyag szilárdsága a σ_{pl} -re, és a σ_T -ra is hatással van, a nagyobb szilárdságú mátrixanyag esetében nagyobb értékeket kaptunk. Az eltérések jelentősek lehetnek, a technikai tisztaságú Al99,5 mátrixhoz képest akár háromszoros növekedés érhető el AlCu5 mátrixanyag alkalmazásával. A vártak megfelelően az öregített minták nagyobb feszültségértékeket mutattak ebben az esetben is, mint az oldó hőkezelték.

Az 1% maradó alakváltozásig elnyelt energia, ($W_{1\%}$) a H/D viszonyal fordítottan arányos, az értékek enyhén csökkenő tendenciát követtek (11. ábra). Ennek oka a már említett jelenséggel – nagyobb térfogatban nagyobb a hibalehetőség – magyarázható, bár megjegyezzük, hogy az energiaértékek lényegében a szórási sávon belül maradtak. Ez az érték egy határ arra vonatkozólag, hogy olyan energiaelnyelő alkalmazásokban, amelyek során mechanikai terhelés éri a darabot, de a képlékeny alakváltozás nem megengedett, mekkora az a maximális megengedett energiamennyiség, amelyet még törések, vagy jelentős képlékeny alakváltozás nélkül el tud viselni az anyag.

Az 50% maradó alakváltozásig elnyelt energia, ($W_{50\%}$), ezzel ellentétesen, egyenesen arányos a karcsúsággal (12. ábra). A különböző szilárdságú mátrixanyagok esetében az értékek között akár 2-2,5-szeres különbség is megjelent.

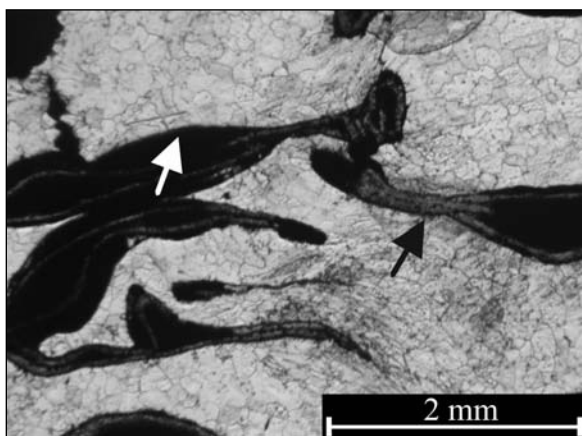
Általánosan elmondható, hogy a kerámia gömbhéjas fémhabok nyomóvizsgálati görbéhez képest a vas gömbhéjjal erősítették (ld.: 7. ábra) eltérő alakú, a görbéken nem látható kezdeti feszültségcsúcs, vagyis nincsen kifejezett nyomószilárdságuk, a görbe folyamatosan lép át a platós szakaszba. Ez a fém

gömbhéjak magasabb alakváltozási képességéből adódik, szemben a kerámia gömbhéjak rideg viselkedésével. Emellett az is megmutatkozott, hogy a zömítés során a fém gömbhéjjal erősített fémhabok tönkremeneteli módja eltér a kerámia gömbhéj erősítésű fémhabokra jellemző hasadásos jellegű tönkremeneteltől, minden esetben képlékeny alakváltozás és hordós zömülés figyelhető meg. Ezt támasztják alá a zömített próbatesten végzett metallográfiai vizsgálatok is. A zömített minták csiszolati képeiből (13. ábra) is arra lehet következtetni, hogy a próbatestben a zömítés során képlékeny stabilitásvesztés lépett fel, a gömbhéjak a nyomás hatására összeroppantak (pl. fekete nyíl), a mátrixanyag pedig képlékenyen alakváltozva próbálta követni a gömbhéjak alakváltozását (pl. fehér nyíl).

4. Összefoglalás

Mérési eredményeinkre alapozva az alábbi összefoglaló megállapításokat tehetjük:

- A kisnyomású infiltráció alkalmas reprodukálható módon, jó minőségű (kis mátrixporozitású), alumínium és különböző alumíniumötvözet (Al99,5 (kohófém), AlSi12, AlMgSi1, AlCu5) mátrixú, vas gömbhéjjakkal erősített szintaktikus fémhabok előállítására. Az átlagos mért sűrűségek a korrigáltakhoz képest kis eltérést mutattak. A mátrixanyag és a gömbhéj közötti kapcsolat megfelelő, ezt egy anyagonként eltérő vastagságú átmeneti réteg (6-12 μ m) biztosítja.



■ 13. ábra. Az AlCu5-GM (O) zömített próbatest maradt mintájának fénymikroszkópi képe

- A kvázistatikus nyomóvizsgálatok alapján kijelenthető, hogy a szerkezeti merevség egyenesen arányos a karcsúsággal, a platófeszültség és az 1%-os maradó alakváltozáshoz tartozó nyomószilárdság független a magasság/átmérő viszonytól. Az 1%-os maradó alakváltozásig elnyelt energia fordítottan, az 50%-os maradó alakváltozásig elnyelt energia egyenesen arányos a karcsúsággal. A kísérletekkel igazoltuk azt a feltételezést, hogy a kiválóan keményített minták nagyobb szilárdságúak, mint az oldó hőkezelésen átesettek.
- Az általunk előállított szintaktikus fémhabok szerkezeti merevsége ~1000–7000 MPa közé esett.
- Az 1%-os maradó alakváltozáshoz tartozó nyomófeszültségi értékek ~25–80 MPa között változtak.
- A platófeszültség ~35–130 MPa közötti értékeket vett fel.
- 1%-os maradó alakváltozásig ~40–125 MJm⁻³ energiát nyeltek el, míg 50%-os maradó alakváltozásig ~1750–6050 MJm⁻³-t.
- Fémhabjaink nyomószilárdsági értékei ~30–80 MPa közé estek. A szakirodalomban található fémhabokkal összevetve az általunk gyártottakról elmondható, hogy tulajdonságaikat és minőségüket tekintve jól illeszkednek a más kutatócsoportok által előállított szintaktikus fémhabok csoportjába.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] Dévényi L. – Orbulov I. N.: (2010) A fémhabok szerepe a fenntartható fejlődésben. ISD Dunaferri Műszaki Gazdasági

- Közlemények 158(2):71–77.
- [2] Dobránszky J. – Bernáth A. – Orbulov I. N.: (2005) Magnezium: a fém, mely nagyon könnyű, de fontosnak találtatott (1. rész). BKL Kohászat 138: 35–40.
- [3] Dobránszky J. – Bernáth A. – Orbulov I. N.: (2005) Magnezium: a fém, mely nagyon könnyű, de fontosnak találtatott (2. rész). BKL Kohászat 138: 33–40.
- [4] Mondal D. P. – Das S. et al.: (2009) Cenosphere filled aluminum syntactic foam made through stir-casting technique. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 40(3): 279–288.
- [5] Daoud A.: (2008) Synthesis and characterization of novel ZnAl22 syntactic foam composites via casting. Materials Science and Engineering: A 488(1–2): 281–295.
- [6] Tao X. F. – Zhang L. P. et al.: (2009) Al matrix syntactic foam fabricated with bimodal ceramic microspheres. Materials & Design 30(7): 2732–2736.
- [7] Rohatgi P. K. – Kim J. K. – Gupta N. – Alaraj S. – Daoud A.: (2006) Compressive characteristics of A356/fly ash cenosphere composites synthesized by pressure infiltration technique. Composites Part A 37: 430–437.
- [8] Palmer R. A. – Gao K. – Doan T. M. – Green L. – Cavallaro G.: (2007) Pressure infiltrated syntactic foams – Process development and mechanical properties. Mater Sci Eng A 464: 85–92.
- [9] Németh Á. – Orbulov I. N.: (2006) Fémhabok, porózus fémanyagok előállítása és tulajdonságai. Anyagvizsgálók Lapja 16(2):58–66.
- [10] Orbulov I. N. – Kientzl I. – Németh Á.: (2007) Fémhabok és kompozitok előállítása nyomásos infiltrációs eljárással. BKL Kohászat 140(5):41–46.
- [11] Kientzl I. – Orbulov I. N.: (2007) Fémmátrixú kompozithuzalok, dupla kompozitok és kompozitbővítők tulajdonságai. Anyagok

- Világa 7(1):1–9.
- [12] Kun P. – Orbulov I. N.: (2011) AlCu5 és AlMgSi1 mátrixú szintaktikus fémhabok előállítása és vizsgálata. BKL Kohászat 144(3):51–55.
- [13] Kaptay G. – Kelemen K. K.: On the Drag Force Acting on Ceramic Particles during Processing of Cast MMCs – in: „State of the Art in Cast MMCs”, szerk. Rohatgi P.K. TMS, 2000; 45–60.
- [14] Bárczy P. – Kaptay Gy.: (2005) Modeling the infiltration of liquid metals into porous ceramics. Mater Sci Forum 473–474: 297–302.
- [15] Trumble P. K.: (1998) Spontaneous infiltration of non-cylindrical porosity: close-packed spheres. Acta Mater 46: 2363–2367.
- [16] Orbulov I. N.: (2011) Szintaktikus fémhabok mikroszerkezeti vizsgálata. Gép 61(11):4–8.
- [17] Orbulov I. N.: (2009) Szintaktikus fémhabok keménységmérése. Anyagvizsgálók Lapja 53(2):93–99.
- [18] DIN 50134 (2008) Testing of metallic materials – Compression test of metallic cellular materials
- [19] <http://hollomet.com/en/home.html> – utoljára letöltve 2013.10.10.
- [20] Vendra L. J. – Rabiei A.: (2007) A study on aluminum–steel composite metal foam processed by casting. Materials Science and Engineering A 465:59–67.
- [21] Rabiei A. – García-Avila M.: (2013) Effect of various parameters on properties of composite steel foams under variety of loading rates. Materials Science and Engineering A 564:539–547.
- [22] Rabiei A. – Vendra L. J.: (2009) A comparison of composite metal foam's properties and other comparable metal foams. Materials Letters 63:533–536.
- [23] ASM Handbook, Properties and Selection: Nonferrous alloys and special purpose materials. Vol. 2, 2nd printing. ASM International (1995) p. 54.

Forgó mágneses mező hatása a Sn-Cd peritektikus ötvözet kristályosodására

A peritektikus típusú ötvözeteket az ipar nagy mennyiségben használja. Ebbe a típusba tartozik a karbonacélok egy része (0,5 t% karbontartalomig), a Ni-Al, Fe-Ni, Ti-Al, Cu-Sn és Cu-Zn ötvözetek.

A forgó mágneses mezőt alkalmazó irányított kristályosodási kísérleteknél megfigyelhető, hogy az olvadákáramlásnak jelentős hatása van az Sn-Cd ötvözet kristályosodására. Ezt a hatást vizsgáltuk SnCd1,6 t% hiperperitektikus ötvözet esetében. A kísérleteket az MTA – ME Anyagtudományi Kutatócsoportja által kifejlesztett Crystallizer with High Rotating Magnetic Field (CHRMF) berendezésben hajtottuk végre. A megolvasztott ötvözetet állandó nagyságú forgó mágneses mező segítségével áramoltattuk a kristályosodás befejeződéséig. Mágneses tér alkalmazása nélkül oszlopos, cellás mikroszerkezet alakult ki. A forgó mágneses tér hatására az oszlopos szerkezet felbomlott és jelentős makrodúsulás alakult ki mind radiális, mind axiális irányban. A mikroszerkezet jellemzésére pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) és energiadiszperzív spektrométeres (EDS) vizsgálatokat végeztünk.

ket tapasztaltak a kutatók [1–8]. Megállapították, hogy az RMF alkalmazása megváltoztathatja a fázisok morfológiáját a mikroszerkezetben, illetve jelentős makrodúsulást okozhat. A legtöbb ilyen vizsgálatot Al- [6] vagy Ni-alapú [7] szilárd oldat és eutektikus típusú ötvözetek [8,10,11] esetében végezték, csak néhány cikk szól a peritektikus ötvözetekben a mágneses mező (RMF) keverő hatásáról [12–15].

A tervezett kutatás célja a forgó mágneses mező hatásának megismérése az Sn-Cd hiperperitektikus ötvözet kristályosodására, illetve új ismeretek szerzése a mágneses mező keverő hatásáról.

Bevezetés

A fémekkel és fémötvözetekkel szemben az ipar egyre nagyobb és egyre összetettebb igényeket támaszt. A fémek és fémötvözetek kristályosodása során a fémolvadékban a hőmérséklet- és koncentrációkülönbségek miatt sűrűségkülönbségek alakulnak ki, amelyek az olvadék áramlását eredményezik. Az olvadákáramlás intenzitása és jellege befolyásolja a

kristályosodott fémötvözet szövetszerkezetét és tulajdonságait. Az áramlásokat forgó mágneses mező segítségével irányított kristályosítás keretében kontrollálni lehet.

Jól ismert, hogy a forgó mágneses mező nagyban befolyásolja a mikro- és makrodúsulást a fémötvözetekben. A forgó és haladó mágneses mező más-más kristályosodott szerkezetet eredményez, ugyanazon ötvözet esetében. A forgó mágneses mező (RMF) alkalmazása során irányított kristályosításnál érdekes jelensége-

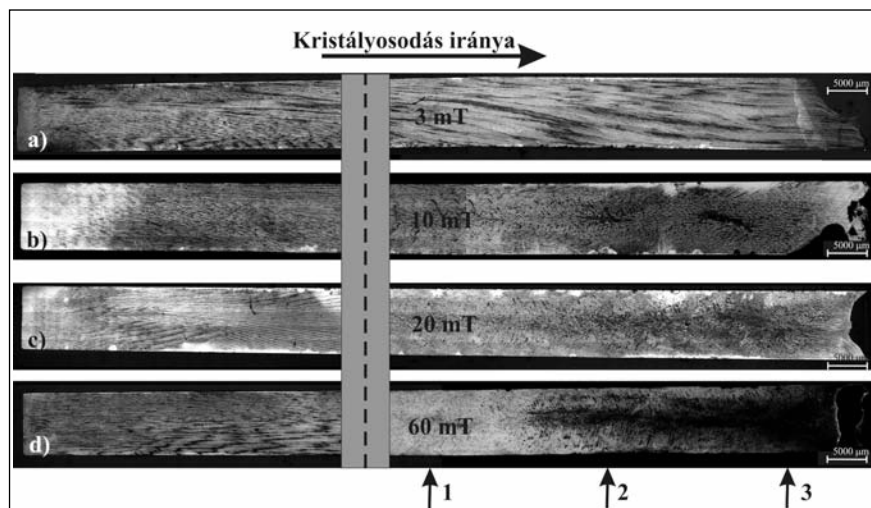
Kísérletek

A kristályosítási kísérletekhez használt kétalkotós SnCd1,6 t% ötvözetet indukciós olvasztással állítottuk elő, tiszta ónból (99,99 t%) és kadmiumból (99,95 t%), amelyből több lépésben rudat készítettünk. A kristályosított próbák átmérője 8 mm, hossza 100 mm volt. Az egyirányú kristályosítási kísérletek a korábban már részletesen ismertetett, az MTA – ME Anyagtudományi Kutatócsoportja által kifej-

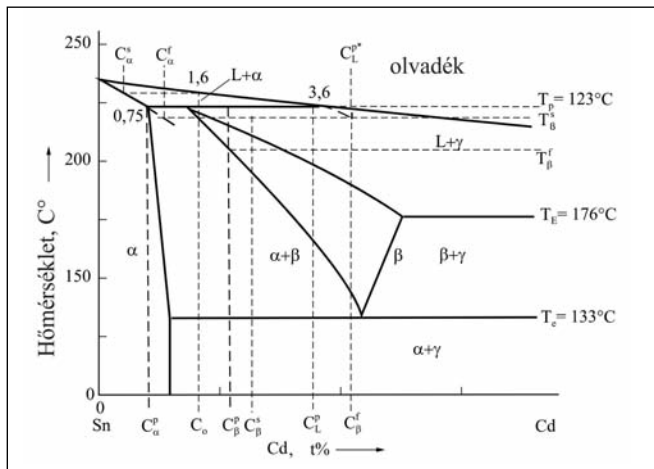
Dr. Svéda Mária és dr. Sycheva Anna szakmai életrajzát 2014/2. számunkban közzéltük.

Kovács Jenő a Miskolci Egyetemen 1993-ban gépészmérnöki, majd 1996-ban kohómérnöki oklevelet szerzett. 1999 szeptemberétől az MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoportban dolgozik, mint tudományos segédmunkatárs. Az alumíniumötvözetek forgó és haladó mágneses térben történő kristályosítását végzi. Érdeklődési területei: kristályosítás, képelemzés, mikroszerkezeti vizsgálatok.

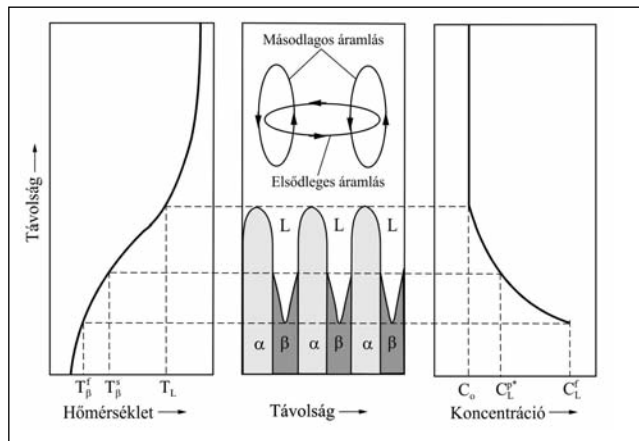
Dr. Rónaföldi Arnold 1971-ben diplomázott a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán. PhD-fokozatát a Miskolci Egyetemen szerezte. Jelenleg a Miskolci Egyetem Villamosmérnöki Intézetben oktat, mint címzetes egyetemi tanár, illetve az MTA-ME Anyagtudományi Kutatócsoport tudományos főmunkatársa. Kutatási területe fémolvadékok mágneses térrel való áramoltatása.



1. ábra. SnCd1,6 ötvözet makroszerkezete $G=6$ K/mm, $v=0,02$ mm/s, a) 3 mT; b) 10 mT; c) 20 mT; d) 60 mT



■ 2. ábra. Sn-Cd egyensúlyi fázisdiagram [16]



■ 3. ábra. Hőmérséklet-eloszlás, mikroszerkezet, koncentrációeloszlás az olvadékból kristályosodás közben

lesztett Crystallizer with High Rotating Magnetic Field (CHRMF) berendezésben történtek [10]. A megolvasztott ötvözetet állandó nagyságú forgó mágneses mező segítségével áramoltattuk a kristályosodás befejeződéséig. A próbadarabok első 40 mm-e mágneses keverés nélkül kristályosodott, majd ezt követően bekapcsoltuk a mágneses teret, amely az összes maradék olvadékot keverte a kristályosodás során. A mágneses indukció 3, 10, 20, 60 mT, a forgó mágneses tér 50 Hz frekvenciájú, a mágneses Taylor szám $Ta = 1,45 \cdot 10^3$, $1,6 \cdot 10^4$, $6,4 \cdot 10^4$, $5,8 \cdot 10^5$, a hőmérséklet gradiens $G = 6 \text{ K/mm}$, a próba mozgatási sebessége $v = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mm/s}$ ($G/v = 3 \cdot 10^2 \text{ K/s/mm}^2$, $G \cdot v = 1,2 \cdot 10^{-1} \text{ K/s}$) volt. A kristályosított próbát a hossz tengelye mentén elvágtuk, csiszoltuk, políroztuk és 4%-os Nitálban marattuk. Az próbadarabokon fény- és pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokat végeztünk. A Cd-koncentrációt a HITACHI S-4800 pásztázó elektronmikroszkóphoz kapcsolt BRUKER AXS típusú EDS mikroszondával mértük, etalon nélkül.

Eredmények, következtetés

Mikroszerkezet

A hosszcsiszolatok szerkezetéről készült makrofotókat az 1. ábra mutatja. Az ábrán megfigyelhető, hogy a próbadarabok első 40 mm-es nem kevert részén irányított oszlopos (cellás) szerkezet alakult ki, hasonlóan az irodalomban található eredményekhez [16].

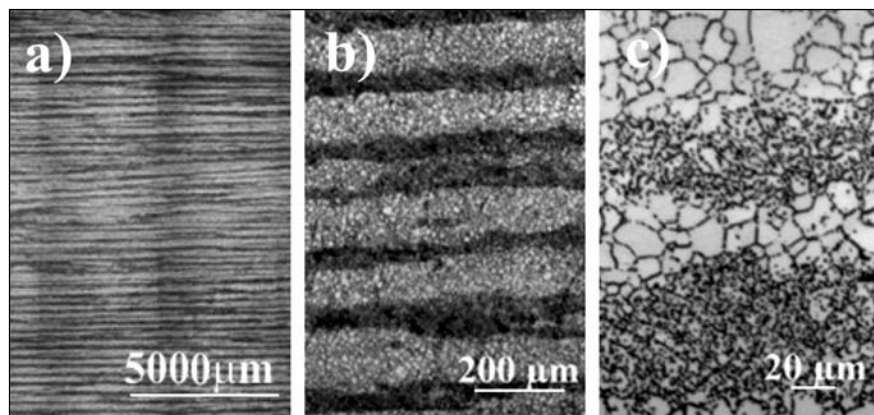
Az olvadékból primeren az α -fázis (Sn-alapú primer szilárd oldat) cellái

(világos területek az ábrákon), majd ezt követően a cellák között közvetlenül az olvadékból jelentős túlhűléssel (T_β^s hőmérsékleten) β (CdSn_4 alapú szekunder szilárd oldat, sötétebb területek az ábrákon) vegyület kezdett kristályosodni. A β -fázis kristályosodása T_β^f hőmérsékleten fejeződik be. Mindkét fázisban jelentős koncentrációkülönbség alakul ki a fázis közepe és széle között, mert a szilárd fázisban a diffúzió lassú. A peritektikus folyamat ugyanezen ok miatt gyakorlatilag elmaradt. A lehűlés során a CdSn_4 vegyületből először α -fázis vált ki (egyensúlyban az 1,6 t% Cd-tartalmú ötvözet a T_e eutektoidos hőmérsékleten 66 t% Sn-t és 34 t% CdSn_4 vegyületet tartalmaz), majd a maradék vegyület eutektoidos folyamatban $\alpha + \gamma$ fázisokká bomlott. A γ -fázis Cd-alapú szilárd oldat (2. ábra) [17]. Kristályosodás közben a kialakuló mikroszerkezetet, a hőmérséklet-eloszlást és az olvadékból a koncentrációeloszlást a 3. ábra szemlélteti. A cellák tövében (a kristályosodás végén) az

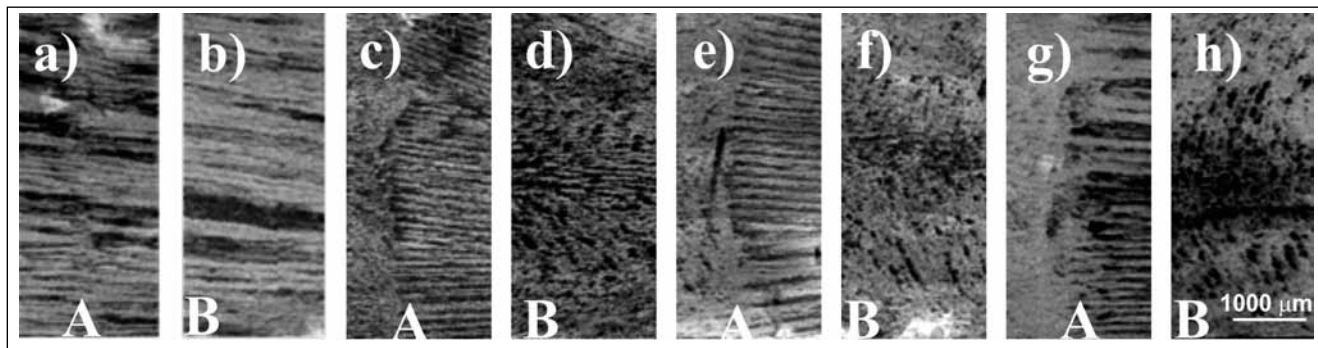
olvadék koncentrációja sokkal nagyobb (C_β^f), mint a cellák előtt, ahol feltételezve, hogy nincs áramlás, a koncentráció megegyezik az ötvözet C_0 koncentrációjával.

A 4a, 4b és 4c ábrákon nagyobb nagyításban látható az irányított oszlopos szerkezet. A 4c ábrán látható nagy nagyítású felvételen a fekete részecskék a Cd-fázis részecskéi. A primeren kristályosodott túltelített Sn-cellákban a kisszögű szemcsehatárok mentén szintén Cd vált ki, láthatóvá téve a kisszögű szemcsehatárokat.

Az 5. ábra a cellákra merőleges irányban mért koncentrációeloszlást szemlélteti. Az Sn-cellákban (világos területek) a Cd-koncentráció a névleges érték körüli, míg a cellák között 5–7 t%. Ez utóbbi érték is arra utal, hogy a peritektikus folyamat nem ment végbe, a kristályosodás a CdSn_4 vegyületfázis keletkezésével ért véget. (Megjegyzendő, hogy a mérés etalon nélkül történt, ezért a mért értékek csak tájékoztató jellegűek.)



■ 4. ábra. A keverés nélküli rész cellás szerkezete különböző nagyításokban



■ 6. ábra. A keverés hatása a mikroszerkezetre, a: 3 mT, A; b: 3 mT, B; c: 10 mT, A; d: 10 mT, B; e: 20 mT, A; f: 20 mT, B; g: 60 mT, A; h: 60 mT, B, ahol: A: kevert/nem kevert fázishatár, B: kevert rész

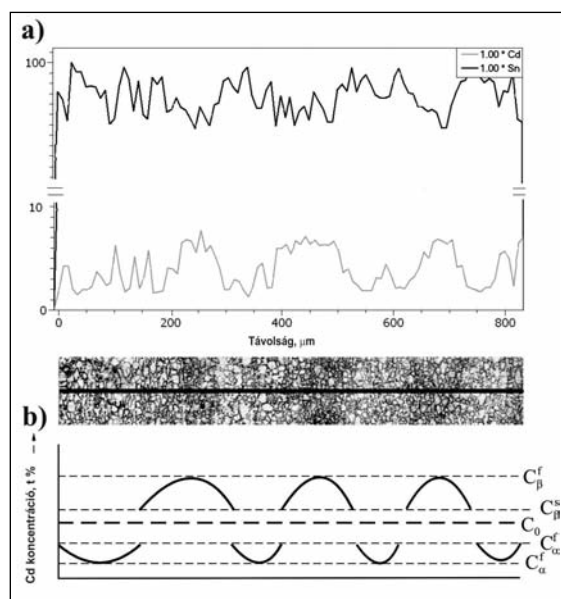
A 6a, c, e, g ábrák a kevert és nem kevert részek közötti átmeneti zónát, míg a 6b, d, f, h ábrák a kevert részek szerkezetét szemléltetik 3, 10, 20 és 60 mT esetén. 3 mT-val való keverés során az irányított szerkezet nem

bomlott fel. 10, 20 és 60 mT-val történt keverés esetében az oszlopos szerkezet felbomlott, a kevert részekben ekvixiális szerkezet alakult ki, és létrejött az egyéb kísérleteknél már tapasztalt „karácsonyfa” mikroszerkezet [10]. A 7. ábra a kevert részben kialakult „karácsonyfa” jellegű mikroszerkezetet mutatja nagyobb nagyításban (60 mT). Az ábrán a világosabb területek a primeren kristályosodott Sn szilárd oldatból, a „karácsonyfa” szakadozott ágai (söté-

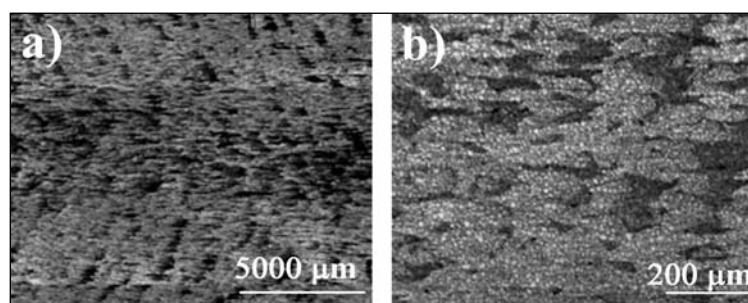
tebb foltok) a kristályosodás végén keletkezett és a lehűlés során eutektoidosan átalakult CdSn_4 vegyületből állnak.

Makrodúsulás

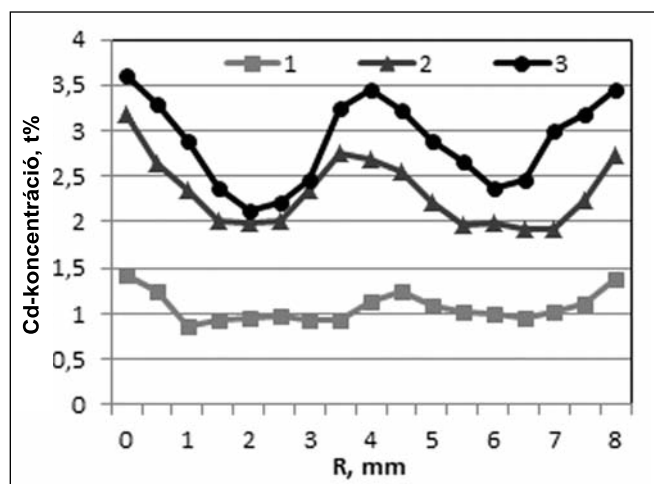
Az olvadékban a forgó mágneses tér hatására kétféle áramlás alakul ki. Az olvadék áramlik a próba tengelye körül (primer áramlás) és a tengellyel párhuzamosan is (szekunder áramlás, 3. ábra). A primer áramlás sebessége egy nagyságrenddel nagyobb, mint a szekunder áramlásé [15]. A primer áramlás hatására a nagyobb koncentrációjú olvadék a próba ten-



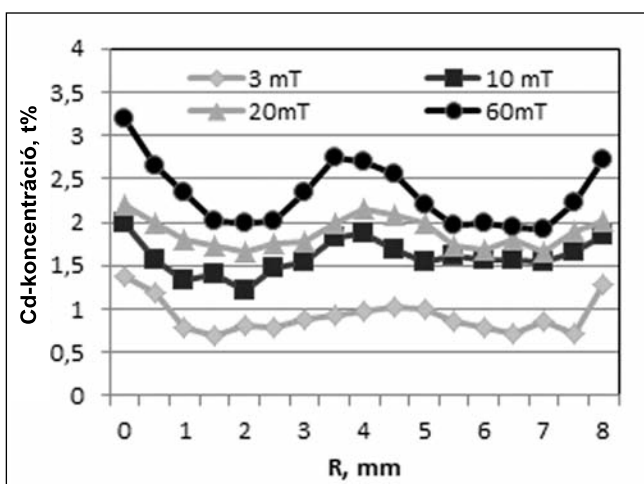
■ 5. ábra. A koncentrációeloszlás a cellákban a nem kevert részben



■ 7. ábra. A kevert részben kialakult karácsonyfa mikroszerkezet



■ 8. ábra. Cd-koncentrációeloszlás a sugár függvényében az 1. ábrán jelzett 1, 2, 3 helyeken (B=60 mT).



■ 9. ábra. Cd-koncentrációeloszlás a sugár függvényében az 1. ábra 2-vel jelzett helyén különböző B értékek esetén

gelye irányába áramlik, ott az olvadék feldúsul, létrehozva a „karácsonyfa” törzsét és az ágakat. A 8. ábrán a Cd-koncentráció eloszlása látható a sugár függvényében az 1. ábrán jelzett 1, 2, és 3 helyeken ($B=60$ mT). A tengelyhez közel és a próba szélén a koncentráció jelentősen nagyobb, mint a fésűsugar környékén a 2 és 3 jelű helyeken. Az 1-gyel jelölt hely közel van a keverés bekapcsolásának helyéhez, itt a különbség sokkal kisebb, mint a bekapcsolás helyétől távolabb levő 2 és 3 helyeken. Ezt a jelenséget eddig hasonló kísérletek során nem tapasztaltuk, Al-ötvözetek esetében a darab szélén volt a legkisebb a koncentráció [10].

A szekunder áramlás hatására a kadmiumban dúsabb olvadék a tengely mentén felfelé áramlik, helyére kadmiumban szegényebb olvadék kerül. Ennek eredményeként távolodva a keverés bekapcsolásának helyétől az átlagkoncentráció, valamint a darab közepe és a fésűsugar koncentrációjának különbsége is folyamatosan nő. A mágneses indukció növekedésével a keverés intenzitása is nő, adott helyen (a 9. ábrán a próbák 2-vel jelölt helye) nő az átlagos koncentráció.

Következtetés

SnCd_{1,6} ötvözetet 0,02 mm/s próba mozgatási sebességgel, 6 K/mm hőmérséklet-gradienssel kristályosítva, oszlopos, cellás mikroszerkezet alakul ki. RMF-fel keverve az olvadékat, 3 mT mágneses indukció esetén az oszlopos szerkezet megmarad, 10 mT vagy annál nagyobb mágneses indukció esetében ekvixiális mikroszerkezet kristályosodik. Kialakul az ún. „karácsonyfa” mikroszerkezet. Az olvadék áramlásának hatására a próba közepén és szélén jelentősen nagyobb a koncentráció, mint a fésűsugaránál. A szekunder áramlás eredményeként távolodva a keverés bekapcsolásának helyétől, az átlag koncentráció, valamint a darab közepe és a fésűsugar koncentrációjának különbsége is folyamatosan nő.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutatómunka a

TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] W. A. Tiller, K. A. Jackson, J. W. Rutter and B. Chalmers: The redistribution of solute atoms during the solidification of metals, *Acta Metallurgica*, Vol. 1. July (1953) 428–437.
- [2] M. Hainke, J. Friedrich, G. Müller: Numerical study on directional solidification of AlSi alloys with rotating magnetic fields under microgravity conditions, *Journal of Materials Science*, 39, (2004) 2011–2015.
- [3] S. Steinbach, L. Ratke: The effect of rotating magnetic fields on the microstructure of directionally solidified Al–Si–Mg alloys, *Materials Science and Engineering A* 413–414 (2005) 200–204.
- [4] F. D. Bai, M. H. Sha, T. J. Li, L. H. Lu: Influence of rotating magnetic field on the microstructure and phase content of Ni–Al alloy, *Journal of Alloys and Compounds* 509 (2011) 4835–4838.
- [5] Z. Chen, X. L. Wen, C. L. Chen: Fluid flow and microstructure formation in a rotating magnetic field during the directional solidification process, *Journal of Alloys and Compounds* 491 (2010) 395–401.
- [6] J. J. Guo, X. Z. Li, Y. Q. Su, S. P. Wu, H. Z. Fu: Formation mechanism of band structure and phase selection during directional solidification of peritectic alloys, *Acta Metallurgica Sinica*. 41 (2005) 599–604.
- [7] H. Yasuda, N. Notake, K. Tokieda, I. Ohnaka: Periodic structure during unidirectional solidification for peritectic Cd–Sn alloys, *Journal of Crystal Growth* 210 (2000) 637–645.
- [8] R. Trivedi, J. S. Park: Dynamics

of microstructure formation in the two-phase region of peritectic systems, *Journal of Crystal Growth* 235 (2002) 572–588.

- [9] A. Noeppel, A. Ciobanas, X. D. Wang et al: Influence of forced/natural convection on segregation during the directional solidification of Al-based binary alloys, *Metallurgical and Materials Transactions B* 41(1), 2010, pp. 193–208.
- [10] A. Rónaföldi, J. Kovács, A. Roósz: Investigation and visualisation of melt flow under rotating magnetic field, *Transactions of the Indian Institute of Metals* (2–3) pp. 213–18. (2007)
- [11] B. Frago, H. Santos: Effect of a rotating magnetic field at the microstructure of an A354, *Journal of Materials Research and Rechnology*, 2 (2) (2013) 100–109.
- [12] L. Wang, J. Shen, Z. Shang, H. Fu: Preparation of gradient material in Sn–Cd peritectic alloy using rotating magnetic field, *Journal of Crystal Growth* 375 (2013) 32–38.
- [13] L. Wang, J. Shen, L. Qin, Z. Feng, L. Wang, H. Fu: The effect of the flow driven by a travelling magnetic field on solidification structure of Sn–Cd peritectic alloys, *Journal of Crystal Growth* 356 (2012) 26–32.
- [14] L. Wang, J. Shen, Z. Feng, H. Fu: Effect of rotating magnetic field on microstructure formation of directionally solidified Sn–1.6 Cd peritectic alloy, *Applied Physics A* 113 (2013) 177–183.
- [15] G. Zimmermann, A. Weiss, Z. Mbaya: Effect of forced melt flow on microstructure evolution in AlSi7Mg0.6 alloy during directional solidification, *Materials Science and Engineering A*, 413–414 (2005) 236–242.
- [16] W. J. Boettinger: The structure of directionally solidified two-phase Sn–Cd peritectic alloy, *Met. Trans* 5, (1974) 2023–2031.
- [17] W. T. Pell-Walpole: In *Metals Handbook*, pp. 1189–1190, ASM, Cleveland, 1948

Egy életpálya a fém jegyében



Beszélgetésünk Roósz András akadémikussal, mi mással, mint a gratulációval kezdődik, hiszen március 15-én vette át a Széchenyi-díjat. Aktuális kutatási feladatokról folyik a diskurzus, ám minden témáról kiderül, hogy annak gyökerei mélyen a múltba nyúlnak vissza, személyekhez vagy közösségekhez kötődnek.

Én egyszerre vagyok egyetemi tanár, oktató, és az egyetemen, a tan széken, nyilvánvaló módon kutató. Ugyanakkor vezetek egy viszonylag nagy létszámú akadémiai kutatócsoportot, amely viszont kifejezetten csak kutatással foglalkozik. Ebből következik, hogy elég komplikált az életem. Ennek egy része kevésbé érdekes, a kutatás szervezésével, az adminisztrációval telik. Irányítani kell a kollektívát, amelynek most 17 tagja van. Ez a munka, mondom, nem igazán érdekes, sajnos a tevékenységem felét kiteszi. Annál izgalmasabb a szakma, mindaz, ami most már évek óta napirenden van. Nem nagyon csinállok olyat, ami ad hoc dolog... Régen, amikor ifjú ember voltam, természetesen ezt meg kellett tenni. Nagyobb témákat vezetek, és nagyobb témákon dolgozunk jó pár éve. Ezek közül az egyik – egyfajta szerelemgyerek, ha szabad ezt a kifejezést egy tudományos lapban használni – az egyensú-

lyi fázisdiagramokkal való foglalkozás, ezeknek a számítása. Jó egy évtizede kezdtem el velük foglalkozni, tehát akkor indult a dolog, és ma már több kutató, hallgató, diplomatervező foglalkozik a témával. Magát az eljárást sokféle ötvözetre használják. A kétalkotósok esetében tízes nagyságrendű a feldolgozás, van jó néhány háromalkotós, ez utóbbinál nem a teljes háromalkotósokat dolgozzuk fel, mert az általában nem érdekes, de olyan is előfordul, amikor a teljes háromalkotós elemzésére kerül sor. A likvidusz felületeit, ahol kezdődik a kristályosodás, a szolidusz felületeit, ahol befejeződik, egyszerűen meghatározható egyenletekkel írjuk le. Van egy doktóránduszom (*Kőrösy Gergő*), aki most egy szoftvert írt erre, nem is kell „kézzel csinálni”, beadjuk az adatokat és kiírja az egyenleteket. Egy nappali tagozatos hallgató pedig azzal foglalkozik, hogy egy háromalkotós ötvözetrendszernek az adatait gyűjti össze, és készít belőle egyenletet. *Mende Tamás*, fiatal kollégám ebből doktorált, nagyszerű disszertációt írt belőle. Ez a témacsokor egyike. Praktikusán, azt kell mondjam, hogy én azért lettem, s azért vagyok fémtannal foglalkozó ember, mert nekem ezt a technikumban megtanították, és én ebbe ott beleszerettem. Amikor az egyetemre, Miskolcra eljöttem, én ezt tudtam. Két félétven keresztül tanította *Káldor* professzor úr, de én már a kezdetén ismertem.

Nagy Jánosnak hívják...

Igen, ő volt az, aki a Technológia című tantárgyat ezen belül az egyensúlyi fázisdiagramokat tanította a középiskolában. Akkor persze, szó nem volt arról, hogy bármi módon számolni lehetne ezeket. Ám, hogy mennyire szerelemgyerek, ez bizonyítja: én az utolsó tudományos diákköri dolgozatomat, 1968-ban, ebből a témából írtam. Nem az EASTPHAD-eljárásból, ha-

nem a komplikáltabb CALPHAD-módozat alapjaiból. Volt egy harmincéves „luk”, egy időtartam, amikor ezzel nem foglalkoztam, de visszatértem hozzá. A diploma megszerzését követően elkezdtem viszont egy másik nagy témát, a szilárd oldatok kristályosodását, eljutva az eutektikumok kristályosodásáig. *Fuchs Erik* professzor úr volt az, aki felvetette ezt a témát, ebből írtam a kisdoktorimat 1972-ben, és sok-sok kollégával együtt művelem, azóta is.

Most, ebben az időszakban, melyek a témakör legfontosabb kérdései?

Van egy ESA finanszírozású MICAST-program, ezen belül azzal foglalkozunk, hogy az olvadárámlás milyen hatással van a kristályosodott szerkezetre. A hőmérséklet és a koncentrációkülönbség hatására az olvadéban sűrűségkülönbség lép fel, és ennek következtében áramlás indul. Ennek két vetülete van: az egyik, mi építettünk két olyan berendezést, amellyel kényszeráramoltatni tudjuk az olvadékat. Ez egy indukciós elven működő megoldás, gyakorlatilag van egy forgó vagy haladó mágneses tér, benne az olvadék, ami a motor forgó része – ez egy aszinkronmotor.

A berendezést ki találta ki?

A forgó mágneses terűt én, a haladót *Rónaföldi Arnold* villamos mérnök kollégám. Az első változatot nagyjából én építettem, a fejlettebb változatot és a haladó mágneses térrel működőt *Rónaföldi Arnold*, vele fogtunk össze. Ez úgy indult, hogy én jártam ki Stuttgartba dolgozni 1984-től kezdődően, tizenegy éven át, minden évben három hónapot kristályosodási témában. Ott megismertem egy *Lorenz Ratke* nevezetű kollégát, aki később a DLR, a Deutsche Luft und Raumfahrt-technik – ez központja a német űrkutatásnak – anyagtudományi laboratóriumának a vezetője lett. 1999-ben fel-

hívott, hogy csinálnak egy nagy nemzetközi csapatot, amely ezzel a témával foglalkozik, van-e kedvem a munkába bekapcsolódni. Erlangenben megalapítottuk akkor a hat kutatócsoportból álló csapatot, három német, két francia, egy angol, meg én. Beadtunk egy pályázatot, a projektet elnyertük, 2000-ben kezdődött valójában a munka. Már a MICAST négyenél járunk, most adjuk be az ötödikre a pályázatot. Van ennek egy űrtechnikai vonzata is, mert nem csak a földön vizsgáljuk ezt a kérdéskört, hanem az űrben is. Ezeket az űrpróbákat nem mi, hanem a németek készítik elő, és a nemzetközi űrállomáson csinálták meg a kísérleteket. A mintákat mi is megkaptuk, mi is értékeltük, szimuláljuk is azt, hogy mi történt a kristályosodás során. A munka mind a mai napig folyik. Rónaföldi Arnold ebből készítette, Kovács Jenő ebből készíti a PhD-disszertációját. Nagy Csaba PhD-hallgató pedig a grenoble-i kollégákkal együtt a folyamat szimulációjával foglalkozik. A kiinduló pontja ennek a témakörnek, a magyar-szovjet űrrepülés során végrehajtott űrtechnológiai kísérlet, a Bealuca-program volt. Annak az elvi alapját az én kandidátusi disszertációm adta.

Volt e annak a programnak következménye, hozadéka?

Hogy a szovjeteknél volt-e nem tudjuk, oly mértékű volt a titkolódzás, hogy még a földi kemencéhez sem engedtek közel bennünket. Egy hozadékát nem lehet eltagadni, ez az űrkemence építése. Nem tudtuk egészen pontosan milyenek a SALJUT 6-on a berendezések, de az eredményekből kiderült, hogy nem használhatók. Ekkor jött egy ötlet Fuchs Eriktől, hogy egy olyat kellene csinálni, amiben semmi nem mozog, sem a próba, sem a kemence, és mégis tudunk irányítottan kristályosítani. *Bárczy Pállal* ketten irányítottuk az elkészítését. Az amerikaiak vettek belőle hármat, de az űrbe sajnos nem került fel.

Térjünk vissza a szimulációhoz...

A '90-es évek közepe táján egy olyan szimulációs technikával kezdtünk el dolgozni, amit régen kitaláltak, csak a számítástechnika fejletlensége miatt nem volt könnyű alkalmazni. Ma már ennek az ellenkezője igaz, van

egy egyszerű egyfázisú anyag, alumínium-ötvözetet, hengereljük, majd újrakristályosítjuk. Mi történik? Keletkeznek új csírák, általában a szemcsehatárokon, és ezek elkezdnek növekedni. Lesz egy finomabb újrakristályosodott szerkezet. Ezt tudjuk, valahogy így van. Nagy hőmérsékletű mikroszkópon meg is lehet nézni. Az említett szimulációs technikánál az alakított darab képét beviszed a számítógépbe, felosztod nagyon sok kis cellára – úgy is hívják, hogy cellaautomata módszer – s megadod, ha egy cellának az energiája meghalad egy értéket, akkor az képes újrakristályosodni. Bizonyos módon kiosztjuk az energiát a cellákra, s egy idő múlva gyönyörűen látszik, ahogyan keletkeznek a csírák, s filmszerűen látszik az átalakulás. *Barkóczy Péterrel* és *Geiger János* ábrázoló geometria docenssel csináltuk ezt a munkát. Mindketten ebből készítették a sikeresen megvédett PhD-értekezésüket. Ez a cellaautomata módszer kevésbé ismert, a Monte Carlo módszerhez hasonlatos, ami talán ismertebb. Most az ausztenitesedéssel foglalkozunk ezen a témakörön belül, *Karacs Gábor* doktorandusz ebből készíti PhD-disszertációját. Példának mondom, egy tisztán perlités acélt felmelegítünk az ausztenites mezőbe, ott ausztenit csírák keletkeznek, és a perlitben ezek elkezdnek növekedni, s egyszer csak a perlit eltűnik, a maradék karbid is szépen feloldódik. Ezt a folyamatot ugyanezzel a szisztémával gyönyörűen lehet szimulálni, és filmszerűen látod, hogy a perlit hogyan alakul át ausztenitté.

Mire jó ez a szimulációs forma?

Arra, hogy megértjük és jóval pontosabban tisztázódik, hogyan megy végbe a folyamat.

Régi megállapításokat, feltételezéseket igazol vissza ez az eljárás?

Valóban, de kicsit tovább is lehet menni, mert ha ezek a feltételezések beigazolódnak, a mérési eredmények leírhatókká válnak, meg lehet kísérteni olyannak a leírását is ezzel, amire nincs mérés. Nem azt mondom, hogy a technológiába azonnal be lehet építeni, de előrejelzésre, bizonyos dolgok megbecsülésére nagyon alkalmas.

Vannak olyan témák, amelyekkel bizonyos érdekek, például a kar vagy éppen a tudomány érdeke miatt kell foglalkozni. Ilyen például a FORR-ÁSZ.

Ez az „is-is” esete. Mi a FORR-ÁSZ-nak azt a részét vállaltuk el, amihez úgy gondoljuk, hogy értünk, nyilván nem azt, amiről fogalmunk sincs, és aminek előzményei sincsenek. Az egyik a kétalkotós ötvözeteknek a kristályosodása. Két, három, aztán többalkotós is lesz belőle majd. A FORR-ÁSZ egyik célja, hogy olyan ötvözeteket, lágy forrasztóanyagokat kitaláljunk, amiben nincs ólom. Azoknak az ónalapú, de ólmot nem tartalmazó két-három vagy többalkotós ötvözeteknek a kristályosodási tulajdonságait derítjük ki, amelyek esetleg lehetnek ilyen forrasztóanyagok. Ebben a munkában a kutatócsoport teljes leány csapata részt vesz (*Czél Györgyné, Rontó Viktória, Svéda Mária, Tomolya Kinga, Sycheva Anna, Nagy Erzsébet*). Van egy másik része a munkának: keményforrasszal is foglalkozunk, az autóhűtők gyártásához szükséges többféle alumíniumlemez előállításának technológiájáról van szó. Ebben a munkában együtt dolgozom a Tanszék két nagy öregével, *Tranta Ferenc* és *Sólyom Jenő*vel, akik a fiatalokat megszégyenítő szorgalommal dolgoznak a projekten.

Újabb tématerület: hogyan került a képbe az amorf fém?

Bő tíz évvel ezelőtt, be lehetett adni egy nagyobb pályázatot az MTA-n, olyat, ami egy jelentősebb lélekszámú akadémiai kutatócsoport munkáját feltételezi. Hirtelen kialakult egy olyan fiatal csapat (a fentebb emlegetett leány csapat), amelynek tagjait jó lett volna itt tartani, s akkor kerestünk olyan akadémiai témát, amely a világban kurrensnek számít. Ez volt a tömbi amorf fém, pontosabban ötvözet. A vizsgáló technikánk megvolt hozzá. Valamikor a '90-es évek közepén valaki talált egy olyan ötvözetet, amiből a néhány 10 mikronnál vastagabb (néhány miliméteres) amorf próbát is lehetett készíteni, és nem is kellett nagyon gyorsan hűteni. Ezt hívják tömbi amorfnak, angolul bulk amorfnak. Azt gondoltuk, van öt-hat év lemaradásunk másokhoz képest, próbáljuk meg. Így indult. A kollégák lel-

kesek voltak. Építettünk hozzá egy centrifugál öntőberendezést, amiben mi is tudunk több ezer Kelvin per szekundummal hűteni. Szép ék próbákat öntünk, a csúcsa közel 10^4 K/s-mal, az alsó része 10^3 K/s-mal hűl. Ezt mi trükkös módon, ki is tudjuk mérni. Egy másik vonulata az amorfnek, hogy máshogy is lehet amorf fémet gyártani, ez talán most a gyakorlathoz közelebb van. Ez a következő: készítünk egy olvadékot, azt valahogy megszilárdítjuk, feldaraboljuk nagyon apró kis szemcsékké, beletesszük egy golyósmalomba, ott elkezdjük őrölni, az ott bevitt energia következtében a kristályos rács egyre jobban torzul, egyszer csak amorf lesz. Az így előállított amorf pornak van egy érdekes tulajdonsága: található egy olyan hőmérsékleti tartomány, amiben viszkózus-sá, kvázi olvadékká válik, de még nem lesz kristályos. Ha visszahűtjük, amorf marad. Ha e fölé a hőmérséklet-tartomány fölé hevítjük, igen gyorsan kristályossá válik. Ezt a kvázi olvadékot, ha behelyezzük egy kis edénybe, összepréseljük ezen a hőmérsékleten, elő tudunk állítani tetszőleges alakú, méretű amorf darabokat.

Mitől különleges ez?

A mechanikai tulajdonságai miatt, és bizonyos anyagoknak a mágneses tulajdonságai is egészen különlegesek. Mi a mechanikai tulajdonságokkal foglalkozunk. Például a rézalapú cirkóniumot, alumíniumot, nikkelt tartalmazó ötvözetnek a szilárdsága messze meghaladja a legkeményebb acél szilárdságát. Van egy baja, a képlékenységi tulajdonságai nagyon rossz. Most a következő lépés az, hogy az amorf port összekeverjük egy kris-

tályos anyaggal, amelynek jók a képlékenységi tulajdonságai, és így kompozitot gyártunk. Lesz egy nagyon nagy szilárdságú része, és lesz egy olyan része, ami képlékeny alakváltozásra hajlamos. Olyan alkatrészeknél izgalmas, amelyek kopásnak és hőigénybevételnek vannak kitéve. Például a műanyag fröccsöntésnél. Egyelőre nem járunk itt, de ez a végcél.

Megjelent a Fémtan I., amit a kiadó úgy ajánl, hogy messze túlmutat egy tankönyvön...

Bizonyos mértékig...

Vannak élethelyzetek, amikor a szakma elvárja a tudóstól egy nagyobb összegző, a tudományág addigi eredményeit összegző mű megírását...

Alig várom, hogy nyugdíjba küldjenek, akkor ezzel fogok foglalkozni.

A Fémtan I. még nem ez?

Nem, ez egy tankönyv. Ennek is van még egy fejezetrésze, amit meg kell írni a kétalkotóson túl, a három és többalkotós fázisdiagramokról, számolási módszerekről. Írok azonban két másik könyvet, az egyik a kristályosodásról szól, úgy tervezem, hogy lesz egy tankönyvi része és egy tudományos kutatóknak szóló rész. A másik a szilárdfázisú átalakulásokkal foglalkozik. Az ausztenitesedés és társai.

Merrefelé halad a szakma, a fémten tudomány?

Ha az anyagokról szól a történet és nem csupán a fémek anyagokról, az a véleményem, hogy a kompozitok felhasználása bizonyosan nagy léptékben fog nőni. A fémek vagy nem fémek

alapúak egyaránt. Ha a fémek területén maradunk, akkor az jóslható, hogy a különleges anyagok felé halad a világ. Ilyenek például a beszélgetésünkben már előfordult amorf fémek, ezekről szólva a legfontosabb kérdés: megtalálni, mire használhatjuk őket? Nagyon sok mindenre jók, az elmúlt 10-15 évben kezdték ezt kitalálni. A nagy tömeg valószínűleg nem ez lesz, például autót nem gyártanak amorf fémből továbbra sem. Nem kizárt, hogy fognak nagyobb tömegben alumíniumból vagy magnézium alapú ötvözetből karosszériát készíteni. Az acélgyártás a nagy szilárdságú acélok gyártása felé ment el, azért lehetett a gépkocsik tömegét csökkenteni, vagy ha nem csökkentették, de sokkal több mindent bele lehetett tenni, és a súlya még mindig inkább csökkent, mint nőtt. Összefoglalva: nagyjából ugyanezeket az ötvözetcsoportokat fogjuk használni, egyre hasznosabb tulajdonságokkal. Sokan mondták, hogy a kerámiák, s a műanyagok átveszik a fémek szerepét, és visszaszorulnak az utóbbiak. Ha a tömegüket tekintjük a felhasználást illetően, messze-messze a fémek szerkezetek tömege alatt vannak. Leírtam az akadémiai székfoglalóban anno, és a Fémten I.-be is bekerült ez a mondat: „Ha valamely varázslat következtében életünkben eltűnnének a fémek, az emberi civilizáció visszasüllyedne a kőkorszak technikai szintjére, és az időt ismét homokórával mérnénk.”

Hajnal József

Dr. Roósz András akadémikust 2014. június 12-én három évre megválasztották a Magyar Tudományos Akadémia Miskolci Területi Bizottsága elnökének.

A Közép-európai Vaskultúra Egyesület Magyar Tagozatának tevékenysége, célkitűzése

Az Európai Tanács az 1980-as években határozta el, hogy Európa kulturális értékeinek demonstrálása és jobb kihasználása érdekében célszerű európai kulturális útvonalakat létrehozni. Elsőként 1987-ben a Santiago de Compostela zarándokutat (Szent Jakab út) ismerték el hivatalosan európai kulturális útvonalként.

A közép-európai vaskohászat történetével foglalkozó szakemberek már hosszabb ideje együttműködtek országuk, régiójuk vaskohászati emlékeinek, történelmének kutatásában, ápolásában és népszerűsítésében, amikor 2007-ben az Európai Tanács elismerte a Közép-európai Vaskultúra Egyesületet a Tanács kulturális útja-

ként. A tevékenység összefogására és koordinálására létrehozott „Közép-európai Vaskultúra Egyesület” központja az ausztriai Leobenben van, elnöke Gerhard Sperl professzor, tagja Bajorország, Csehország, Lengyelország, Szlovákia, Magyarország, Románia, Szlovénia és Olaszország. Magyarország részéről az egyesület

létrehozásában kulcsszerepet játszó *Laár Tibor*, az OMBKE tiszteleti tagja alelnökként vesz részt az egyesület irányításában.

A hazai tevékenység koordinálására 2011 elején megalakult az egyesület magyar tagozata. A tagozat tagjai a hagyományos kohászati tevékenységhez kapcsolódó, Diósgyőrben, Ózdon és Salgótarjánban működő szakmatörténeti csoportosulások vezetői, továbbá az illetékes múzeumok, egyetemi tanszékek és a témában érdekelt budapesti szakemberek. A tagozat munkájában 10-15 lelkes, döntő többségében nyugdíjas szakember vesz részt. A szakmatörténeti szervezetek közül a következőket érdemes kiemelni:

- Közép-európai Ipari Örökség Útja Egyesület,
- Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Köre,
- MTA VEAB Iparrégészeti Munkabizottság,
- Miskolci Egyetem Archeometallurgiai Munkacsoportja,
- az Öntödei, a Kohászati és a Magyar Olaj- és Gázipari Múzeum.

Bár az anyagi lehetőségek rendkívül korlátozottak voltak, a tagozat tagjai látványos és eredményes munkát végeztek az elmúlt két évben. Ezek az alábbiakban foglalhatók össze.

1. A tagozat közreműködésével szervezett rendezvények

- VI. és VII. Fazola Fesztivál, Miskolc
 - IV. és V. Ipari Örökségvédelmi Konferencia, Ózd
 - IV. és V. Őskohász Tábor, Somogyfajsz
 - 5. és 6. Ipartörténeti Emlénap, Salgótarján
 - Archeometria, kognitív- és szociál-archeológia konferencia, Miskolc
- Ezeknek a rendezvényeknek összeségében több ezer résztvevője volt.

2. Tagjaink előadásai, publikációi

Tagjaink 2012-ben és 2013-ban 35 előadást és publikációt tettek közzé. Többségük archeometallurgiai témával foglalkozik; nagy részük angol nyelven jelent meg. Témájuk jelentős részben a régészeti feltárások során napvilágra került régi vaskohászati emlékekhez kapcsolódik. Ezek mellett a borsodi régió vasiparának történetéről is előadások, publikációk születtek.

3. Archeometallurgia

Az archeometallurgia a tagozat egyik legeredményesebb területe. Tagjaink számos ásatásban vettek részt, a talált salakok, maradványok, vastárgyak korszerű eszközökkel történt vizsgálata alapján következtetéseket vontak le a középkori vasmetallurgiáról (somogyfajsi technológia), a kardok és egyéb acéltárgyak valószínű gyártási módjáról, ezek kémiai összetétele és mechanikai vizsgálata alapján alkalmasságukról stb. Az eredményekről számos hazai és külföldi fórumon számoltak be.

Kiemelendő *Thiele Ádám* (BME doktorandusz) tevékenysége, aki a somogyfajsi vasgyártási technológia felélesztésével a bucavas gyártását tanulmányozza. Erre alapozva évente megrendezi a somogyfajsi Őskohász táborokat, amelyeken fiatalok ismerhetik meg ezt a korai, magyarok által művelt technológiát. A fiatal szakember Eger közelében egy kovácműhelyt is létrehozott.

Ugyancsak kiemelendő, hogy a Miskolci Egyetemen egy TÁMOP-os program keretében elkészült az első magyarul írt *Archeometallurgia* egyetemi digitális jegyzet anyag- és kohómérnök hallgatóknak. A jegyzet várhatóan 2014 tavaszán-nyarán lesz elérhető.

4. Ipari emlékek megőrzése

Ezen a területen elsősorban a diósgyőri és ózdi kollegák aktívak, akik az ottani jelentős vaskohászat megszűnésével, ill. átalakulásával kapcsolatban tesznek erőfeszítéseket a felhagyott tevékenységgel járó értékvesztés csökkentésére.

Miskolcon a *Drótos László* által vezetett Közép-európai Ipari Örökség Útja Egyesület a város önkormányzatával együttműködve az Ipartörténeti Emlékházban kiállításokon, szemináriumokon ismertette elsősorban a megszűnt diósgyőri acélipar emlékeit, hagyományait és javaslatokat tett azok megőrzésére. Turisztikai jelzőtáblák felállításával hívták fel a figyelmet az ipari műemlékek elérhetőségére.

Az Ózdi Ipari Örökségvédők tanulmányt készítettek a megőrzésre érdemes eszközökről és berendezésekről, a turisztikai célú hasznosítás figyelembevételével.

Szaktúzeumaink működési feltételei folyamatosan romlanak. A személyzet leépítése, az épületek és gyűjtemények állagának romlása súlyos veszélyt jelent ezek működőképességének fenntarthatóságára.

Két jelentős múzeumunk, a budapesti Öntödei Múzeum és a miskolci Kohászati Múzeum működési feltételei is drasztikusan romlottak. A látogatási időt mindkét helyen negyedére csökkentették. A megmaradt személyzet és a rendelkezésre álló ellátmány a legalapvetőbb feladatok ellátását is igen nehézre teszi.

Fentiek ellenére mindkét múzeum önállóan vagy közreműködőként rendezett szakmai rendezvényeket. Mindkét múzeum igyekszik fenntartani nemzetközi kapcsolatait: a Kohászati Múzeum elsősorban a szlovákiai társintézményekkel működött együtt, az Öntödei Múzeum pedig osztrák szakembereket, valamint a szlovén vaskohászat történeti kiállítását is fogadta.

A két szakmai múzeum helyzetére több szervezet (az OMBKE és a Közép-európai Vaskultúra Egyesület elnöksége is) levélben, ill. személyes tárgyalásokon hívta fel a kormányzat figyelmét, hangsúlyozva, hogy tevékenységük a jelenlegi kohászat megítélése és jövője szempontjából is alapvető fontosságú.

5. A Közép-európai Vaskultúra Egyesület elnökségének munkája

Az elnökség évente három alkalommal ülésezik, ezekből egy egyúttal közgyűlés is. Mindezt változó helyszíneken rendezi. Az elmúlt két évben hazánk mellett Szlovéniában, Szlovákiában és Ausztriában volt ülés. Az ülések legaktívabb tagja Laár Tibor alelnök, aki a következő munkálatok elindítását kezdeményezte:

A tagországok vaskohászatának kiemelkedő történelmi egyéniségeiről díszes emléklap készül, amely röviden ismerteti az emléklap névadójának vasiparral kapcsolatos eredményeit. Magyar részről az első emléklap *Andrássy Manó* grófról, a felvidéki vaskohászat létrehozásában és működtetésében játszott meghatározó szerepéről (a „vasgróf”) szól. Az emléklapokból kis füzet készült, amelyben *Kerpely Antal* és *Fazola Henrik* is helyet kapott.

A tagországok egyesületi emlékérméről katalógus készül, amely ugyan-csak elősegíti a tagországok szakmai történelmének kölcsönös megismerését.

Megkezdődött a közép-európai vaskohászat fejlődési kronológiájának összeállítása. A kronológia technológiánként és földrajzi elhelyezkedés szerint röviden ismerteti a vállalatok történetét.

6. Problémák, nehézségek

A magyar tagozat tagjai év elején tekintik át és értékelik az elmúlt év eredményeit, problémáit. A problémák lényege az alábbiakban foglalható össze:

a. A gazdaság átalakulása következtében felszabaduló ipartörténeti értékű emlékeket, berendezéseket,

dokumentumokat, vagy más célra hasznosítható iparterületeket, ingatlanokat az esetek többségében eltékozzák az új (döntően külföldi) tulajdonosok. Ennek megakadályozására a települési önkormányzatok csak ritkán tesznek érdemi lépéseket.

b. Sajnálatos, hogy az országos és nemzetközi pályázatok nem támogatják az ipartörténeti munkát, ezért elsősorban helyi pályázatokon célszerű részt venni.

c. Sajnálatos, hogy a gazdasági társaságok és azok szervezetei sem segítik érdemben az ipartörténeti munkát, ezért célszerűbb a társadalom és az egyének (szimpatizánsok) irányában az aktivitást fokozni.

d. A szűkös (egyre apadó) források

miatt egyre kevesebb rendezvényt és akciót lehet indítani. Az érintett alapítványoknak, egyesületeknek össze kell fogni, közös rendezvényt kell tartani.

e. A pusztuló ipari örökségre a sajtón keresztül fel kell hívni a közvélemény figyelmét is, és segítséget kell kérni.

A tagok legutóbbi ülésükön úgy döntöttek, hogy a helyi, eseti kezdeményezések ösztönzése mellett az OMBKE forduljon az illetékes kormányzati szervekhez az átfogó problémák megoldásához segítségkérés céljából, az egyesület többi szakterületével egyeztetett módon, valamilyen szakterület problémáit képviselve.

Dr. Tardy Pál
a tagozat elnöke

■ EGYESÜLETI HÍREK

A lengyel és magyar kohászok egyesületi együttműködésének 50 éve

A lengyel MAGAZYN HUTNICZY 2014. márciusi száma fenti címmel cikket közölt a lengyel SITPH (kohászati) és a magyar OMBKE egyesületek között létrejött kapcsolatáról és ennek alapján 1963-ban megkötött együttműködési megállapodásról. A cikk szerzője *Eugeniusz Raczka*, a Katowice központú SITPH egyesület irodavezetője volt nyugdíjba vonulásáig. A szerző a két egyesület 1892 évi alapításáról a megemlékezést a „Lengyel–magyar két barát” jelmonddal vezeti be. Megemlíti, hogy az OMBKE egységes egyesület maradt, a lengyel Bányászati és Kohászati egyesület pedig 1930-ban SITG(bányászati) és SITPH(kohászati) egyesületre vált szét.

Az OMBKE és az SITPH egyesületek közötti megállapodást az egyesületi tagok hivatalos szakmai utazásai során történt személyes ismeretése készítette elő. A két egyesület hivatalosan megkötött együttműködési szerződését az OMBKE akkori elnöke, *dr. Lévárdi Ferenc* nehézipari miniszter írta alá. A megkötött szerződés alapján a két egyesület tagsága éveken keresztül kölcsönös tanul-

mányutazásokat és konferenciákon való részvételt szervezett. Ezek közül kiemelkedik az OMBKE által 1987-ben megrendezett Kerpely-emlékév, amelynek Miskolcon tartott központi rendezvényén *Misolek* alelnök vezetésével SITPH küldöttség vett részt. Az SITPH alelnöke bejelentette, hogy *ifj. Kerpely Antalnak*, a róla elnevezett forgóröstélyos gázgenerátor feltalálójának tiszteletére Chorzóvban a Báthory Vas- és Acélműben emléktáblát állítanak, valamint az SITPH, az MHVÖ (az osztrák társegyesület) és az OMBKE együttműködése keretében latin feliratú emléklakettet adnak ki. A Báthory acélműben megtartott ünnepségen az OMBKE küldöttségét *Csicsay Albin* főtítkárral vezette.

Ezt követte 1988-ban a két egyesület együttműködésének 25. évfordulójáról való megemlékezés. Az évfordulóról mindkét egyesület közgyűlésen emlékezett meg. Ez alkalomra kiadott kétnyelvű, azaz magyar és lengyel nyelvű kiadvány foglalta össze a 25 év eseményeit. A lengyel szöveget *Adam Palmrich*, az SITPH főtítkára – akit az OMBKE tiszteleti tagnak választott –, a magyar szöve-

get *Laár Tibor* szerkesztette, akinek az SITPH tiszteleti jelvényének arany fokozatát adományozta. Az OMBKE 1988-ban Mosonmagyaróváron tartott közgyűlése emlékezett meg a 25 éves évfordulóról, amelyen *Misolek* alelnök a lengyel küldöttség nevében üdvözölte a közgyűlést és további tiszteleti jelvényeket adott OMBKE tagoknak. Az SITPH Wrocláwban tartott közgyűlésén az OMBKE küldöttségét *Csicsay Albin* vezette, aki köszöntője keretében emlékérmeket adott át lengyel egyesületi tagoknak.

A 25 éves egyesületi együttműködés a további években fokozatosan megváltozott. Ezt egyrészt az Európa Tanács által kezdeményezett határon átvethető kultúrutak szervezete, másrészt a hagyományossá váló „Clean Steel” nemzetközi konferenciákon *dr. Tardy Pál* és *Eugeniusz Raczka* rendszeres találkozója tartotta fenn.

Az Európa Tanács hivatalosan, oklevéllel nemzetközi egyesületnek ismerte el az osztrák MHVÖ által kezdeményezett MEES (Mittleuropäische Eisenstrasse, azaz Közép-európai Vaskultúra Útja) egyesületet.

A nyolc ország (Ausztria, Bajorország, Cseh Köztársaság, Szlovákia, Lengyelország, Magyarország, Románia, Szlovénia) közép-európai vaskohászati együttműködése kiszélesítette a kapcsolatokat. Ennek a

szakmai együttműködésnek a jegyében 2013-ban jutott el az OMBKE és az SITPH az 50 éves évfordulóhoz. Ekkor mindkét egyesület kiváló szakembereit a MEES kiadványában – emléklapok formájában – együtt

mutatták be. Magyar részről egyebek között *Kerpely Antalról*, *Fazola Henrikről*, lengyel részről *Zygmunt Wusatowski* professzorról és *Walenty Rozdzienskiről* készült emléklap.

Laár Tibor

VI. Ózdi Ipari Örökségvédelmi Konferencia

Az Ózdi Napok keretében 2014. június 6-án rendezték meg az Ózdi Ipari Örökségvédők Baráti Körének szervezésében az idén immár hatodik ipari örökségvédelmi konferenciát, amelynek ezúttal a város egyik impozáns épülete, az „Olvasó” adott otthont.

A rendezvény hagyományosan a gyáralapító *Rombauer Tivadar* emléktáblájánál tartott tisztelegéssel kezdődött, mintegy 80 fő részvételével. Megemlékező beszédet *Nagymarczi László* nyugalmazott kohómérnök, a nagylvasztómű gyáregység volt vezetője mondott. Ezt követően a városvezetés, az örökségvédők és az OMBKE, valamint a honismereti kör képviselői helyezték el koszorúikat.

A program az Olvasóban, *Benkő Imre* fotóművész „ACÉL-MŰ” c. tárlatának megnyitásával folytatódott. A tárlatot *Zsigray Árpád*, az Ózdi Járási Hivatal vezetője nyitotta meg, majd a művész ismertette az 1985–2002 között az ózdi kohászatról készített képekkel összefüggő saját gondolatait.

A konferencia kezdetét – szintén hagyományosan – a gyári duda hangja jelezte, majd a 104 regisztrált résztvevő elénekelt a kohász himnusz. *Benyhe László*, a Baráti Kör egyik ala-

pító tagja, levezető elnök köszöntőjét követően négy előadás hangzott el.

Fürjes Pál, Ózd város polgármestere, az egykori gyár, jelenleg az Ózdi Ipari Park területén tervezett „kultúrgyár” beruházás – a Magyar Nemzeti Digitális Archívum egyik központja – helyzetéről beszélt. A projekt fő célja a pusztuló ipari területből az örökségek óvása mellett az utókor számára hasznos tartalommal bíró létesítmények kialakítása. Az államilag támogatott, mintegy 2,5 Md Ft-os beruházás a meglévő létesítmények felhasználásával magába foglalja a városi múzeum rekonstrukcióját egy szabadtéri ipari skanzenrel együtt, az ún. „kulturális GPS” létesítését a volt erőmű teljesen felújításra kerülő épületében és egy parkoló kialakítását.

Dr. Grega Oszkár, a Miskolci Egyetem címzetes egyetemi docense a kistérségek versenyképességéről tartott tanulságos előadást, beleértve az EU, hazánk, a régió és Ózd város, illetve az acélipar versenyképességének kérdéseit is.

A szünet után került sor *Kissunyai István* ózdi szobrászművész „Olvasztár” c. szobrának leleplezésére, majd a XXXIV. honismereti pályázat ünnepélyes eredményhirdetésére.

A konferencia két bányászati témájú előadással folytatódott.

Mikó Attila nyugalmazott bánya-mérnök, a Farkaslyuki Bányaüzem volt vezetője „A farkaslyuki szénbányászat 75 éve” címmel tartott előadást, mely felölelte a bánya megnyitásától a kényszerű bezárásáig terjedő, 1915–1990 közötti időszak legfontosabb eseményeit.

Molnár György, az Ózdi Szénbányák vezérigazgatója „A jövő szénbányászatát építjük Farkaslyukon” címmel tartott előadást. A három évvel ezelőtti bányanyitás után megkezdődtek a helyreállítási munkák. Kb. 2 km hosszban vasutat építettek, különböző eszközöket szereztek be, a gépi szellőzőrendszert üzembe helyezték. Beindult, és ma már öt megyében folyik a vājárképzés. Négy kutatóvágatot hajtottak a szénvagyon feltárására.



■ Nagymarczi László megemlékezése a Rombauer emléktáblájánál



■ A konferencia résztvevői a kohász himnusz éneklésén

A konferencia a bányászhimnusz elhangzásával ért véget, de a program még folytatódott. Őz 1949-ben kapott városi rangot, ennek apropóján a régi gyárterületet is érintő 65-ös jelzésű

autóbuszos városnézésen mintegy 35 fő vett részt.

Másnap, június 7-én a már hagyományos gyári sétán mintegy 25 fő tekintette meg a megmaradt ipari mű-

emlék és egyéb létesítményeket, mint a jövőben kulturális funkció betöltésére tervezett lehetséges objektumokat és helyszíneket.

 **Benyhe László**

A Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés június 11-i taggyűlése

A taggyűlést *Lukács Péter*, a MVAE elnöke vezette.

Az első napirendi pontban *Stefán Mária* igazgatóhelyettes foglalta össze *A tagvállalatok 2013. évi gazdálkodásának értékelése, a 2014. évi célkitűzések összefoglalása* című írásos előterjesztést.

Először a nemzetközi gazdasági környezet alakulásával foglalkozott. Az elemzők szerint 2013 közepe óta javulnak a világgazdaság kilátásai; a 2013. évi 3%-os növekedést 2014-ben 3,7%-os növekedés követheti. Figyelemre méltó, hogy a növekedés üteme a fejlett régiókban jobban növekszik, mint a fejlődő országokban, de Kína élenjáró szerepe a globális növekedésben tovább tart. A globális acéligény 2013–2015 között évente 3-3,5%-kal nőhet.

A hazai gazdasági kilátásokat eltérően ítélik meg; az ipar 2,5–5% között nőhet. A hazai gazdaság javuló tendenciája az acéliparban egyelőre nem nagyon érzékelhető. A nyersacéltermelés 2013-ban alig több, mint a fele volt az előző évének (alapvetően a Dunaferri egyik kohójának leállása miatt). 2014-re közel 20% növekedést várnak, ami még mindig lényegesen kisebb a 2012. évinél. A késztermékek előállításánál és értékesítésénél jobb a helyzet: ezek termelése lényegében stagnál 2012 óta. A Dunaferri nyersacéltermelésének csökkenését ukrán bugaimporttal ellensúlyozták. Az értékesítés húzóereje az export; a belföldi eladások tovább csökkennek. A vállalatok árbevételének alakulása változó volt; az export részaránya a nettó árbevételben évek óta nő, 2013-ban elérte a 80%-ot. A vállalatok többsége 2013-ban kevésbé volt veszteséges, mint az előző évben. Az átlagos statisztikai

állomány létszáma 2008 óta folyamatosan csökken: 2013-ban több mint 2000-rel volt kisebb, mint 2008-ban.

A *vaskohászati alapanyaghelyzet és áralakulással* foglalkozó írásos anyagot *dr. Tardy Pál* szaktanácsadó és *Zámbó József* foglalta össze. Megállapították, hogy a vasérc és a kokszolható szén világpiaci ára 2013 második felében nőtt, az év eleje óta viszont jelentősen csökken. Az acélhulladék esetében más a helyzet. Az acélipar fajlagos hulladékigénye növekvő tendenciát mutat (részben az elektroacél-gyártás részarányának növekedése, részben az oxigénes acélgyártás fajlagos hulladék-felhasználásának növekedése miatt). Ennek oka a CO₂-kibocsátás csökkentésének követelménye. Az acélhulladék ára 2009 óta jelentősen nőtt, az elmúlt években viszont kisebb-nagyobb ingadozásokkal lényegében stagnált.

Az acélipar nyersanyagainak külkereskedelmét (kivitelt) számos ország különböző módszerekkel korlátozza; ez leginkább az acélhulladéokra jellemző. Az EU egyedül ebből a betétanyagból nettó exportőr és egyelőre nem kívánja a kivitelt befolyásolni. Magyarország acélhulladék-exportja a 2009. évi visszaesés után 2010-ben már meghaladta a válság előtti szintet. Az acélipari termékek ára a 2009-es mélypont után 2011-ig nőtt, majd lassú csökkenés után 2013-ban stabilizálódott. A betétanyagok eltérő árváltozása befolyásolja az integrált és elektroacélgyártás költségszintjének különbségét; a jelzett változások inkább az integrált eljárás pozícióját javítják.

A harmadik napirendi pontban *dr. Tardy Pál* foglalta össze *A tagvállala-*

tok környezetvédelmi helyzete című írásos előterjesztést. Először nemzetközi kitekintést adott az acélipari technológiák fajlagos kibocsátásáról. A salakot nem tekintve a légtisztítóknál felfogott por mennyisége a legnagyobb a termelési hulladékok közül. A bennük lévő hasznos anyagok döntő többségét ma már feldolgozzák. A salakok döntő hányadát nem hulladékként, hanem termékként kezelik; legnagyobb mennyiségüket az útépítésnél és a cementiparban hasznosítják.

Az EU fokozatosan szigorítja környezetvédelmi előírásait; az acélipar számára az Ipari Emissziós Direktíva bevezetése és ennek kapcsán a BAT előírások teljesítése jelenti a legnagyobb feladatot.

A MVAE tagvállalatok szennyezőkibocsátása a porszennyezés kivételével a termeléssel összhangban változott. A regisztrált porszennyezés növekedésének oka az előírások változásának a következménye: olyan kibocsátásokat is figyelembe kell venni, amelyeket korábban nem. Vállalataink fajlagos kibocsátása az EU-ban mért adatok szórásmezéjébe esett, kivéve a porszennyezést. A hulladékok döntő hányada hasznosításra kerül.

Ezt követően *Szabados Ottó*, a MVAE igazgatója ismertette az előző taggyűlés óta történt legfontosabb fejleményeket. Sikerként könyvelhető el, hogy a MVAE tárgyalásainak eredményeképpen zöld utat kap a *fordított ÁFA bevezetése* néhány acéltermék esetében, ahol különösen jelentős az ÁFA-csalás.

A taggyűlés a továbbiakban a MVAE belső ügyeivel foglalkozott.

 **Tardy Pál**

Emlékeztető az OMBKE 2014. április 23-i választmányi üléséről

A választmányi ülés Budapesten, az OMBKE Mikoviny-termében volt.

Dr. Nagy Lajos elnök megnyitotta az ülést. A napirend előtt a választmány néma felállással rótt le kegyeletét az előző választmányi ülés után, 2014. március 11-én, életének 91. évében elhunyt *dr. Nagy Zoltán* vasokleves kohómérnök, az OMBKE volt főtitkára és tiszteleti tagja emléke előtt.

Dr. Nagy Lajos elnök ismertette, hogy a nemzeti ünnep alkalmából mely OMBKE-tagok részesültek állami kitüntetésben, és a választmány nevében gratulált a kitüntetésekhez. (A kohász kitüntetettek neve és a kitüntetés indoklása lapunk 2014/2. számában megjelent.)

Az elnök tájékoztatást adott az előző választmányi ülés óta történt eseményekről, majd a következő téma a 2013. évi beszámoló volt.

Dr. Lengyel Károly főtitkár elmondta, hogy 2013 végén a taglétszám 2887 fő volt. A csökkenés 6,2%, annak ellenére, hogy 131 új tagot is felvettünk. 242 fő tagságát törölni kényszerültünk, mert sokszoros figyelmeztetés ellenére sem fizették a tagdíjat. Egyébként is baj van a tagdíjfizetési fegyelemmel, több mint 500 fő nem rendezte a 2013. évi tagdíját, ebből 204 fő az Egyetemi Osztálynál. Megoldást kell találni arra, hogy az egyetemet elvégzett fiataljainkat ne veszítsük el. Az egyesület tagsága vészesen öregszik, van olyan szakosztályunk, amelynek 60%-a nyugdíjas.

A küldöttgyűlésen a főtitkári beszámoló hangsúlyos része lesz a szakosztályokban folyó tevékenység ismertetése – amelyről teljes kép a szakosztályi tisztújítások után kapható –, és a választmányi bizottságok jelentése.

Ismertette, hogy az elmúlt időszakban – és ez hosszabb távon érvényes – több rendezvény szervezése kikerült az egyesület hatásköréből, sokszor tagjaink hathatós közreműködésével. Először csak közös szervezés volt, aztán már el is felejtették az OMBKE-t megemlíteni. A rendezvények bevételének elmaradása az egyesület létét veszélyezteti.

Felhívta a figyelmet szakmai mű-

zeumaink helyzetére. A három kohászati múzeumot visszaminősítették kiállító helyé, korlátozott nyitvatartással, költséggel és személyzettel. A Központi Bányászati Múzeumnak és a Magyar Olajipari Múzeumnak speciális helyzete van, de mindkettőre jellemző a pénztelenség. Egy olyan tendencia felfedezhető, hogy a vidéki gyűjtemények, kiállítóhelyek települési kezelésbe kerülnek, ennek minden hátrányával és előnyével. Előny, hogy érdek a működésük, hátrány, hogy van-e rá pénz? Az OMBKE együttműködési szerződést írt alá a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeummal az Öntödei Múzeum támogatására.

Dr. Gagy Pálffy András ügyvezető igazgató a gazdálkodással kapcsolatos írásos anyagot egészítette ki. A kiadott anyag szerint 2013-ban, a 69 millió forintot megközelítő bevétel mellett szerény, 321 ezer Ft nyereség képződött. Pártoló és jogi tagjaink támogatása jóvoltából egyesületünk a fizetőképességét is megőrizte. Tartalékaink azonban nem elégségesek ahhoz, hogy egy váratlan esemény esetleges negatív hatásai ellen eredménnyel védekezhessünk. Nagy segítséget jelentett, hogy az év végén az egyesület vezetői sikereket értek el a pártoló tagoknál.

Szombatfalvy Rudolf, az Ellenőrző Bizottság elnöke a gazdasági beszámolót elfogadásra javasolta, és egyúttal észrevételeket tett a bizottság nevében.

– Az Egyesület 2013-ban betartotta az alapvető elvárást, hogy a bevételek haladják meg a kiadásokat. Ahhoz, hogy ez a jövőben is így legyen, keresni kell a bevételi források növelésének lehetőségét.

– Javítani szükséges a tagdíjfizetési morált.

– Új pártoló tagok bevonása szükséges.

– Tovább kell szorgalmazni az „egyesületi” rendezvények visszahozását egyesületi keretek közé. Ehhez vizsgálni kell, hogy milyen okok miatt kerültek ki ezen rendezvények az egyesületből.

– Indokolt lenne a szakértői tevékenység kiterjesztése, ezzel kihasználva a tagság szakmai tudását.

– Meg kell vizsgálni, milyen változtatások szükségesek a pályázati források elnyeréséhez.

– Célszerű a kiadások, költségek szerkezetének vizsgálatát elkezdeni, majd folyamatosan fenntartani.

– Nem elegendő a tanuló ifjúság belépése az egyesületbe, meg kell a tagságukat tartani, erősíteni a tanintézetből való távozás után is.

– A tagdíjbevételek 30%-a kerüljön vissza a szakosztályok, szakcsoportok, helyi szervezetek működésének biztosítására.

– Célszerű megszervezni a támogatók, a jogi tagvállalatok rendszeres tájékoztatását az általuk adott támogatások felhasználásáról.

Boza István könyvvizsgáló a pénzügyi-számviteli beszámolót, a mérleget elfogadásra javasolta.

Ezt követően vita alakult ki a gazdálkodással kapcsolatos egyes közölt adatokról és a szakosztályi felosztásról, valamint az egyesületi irodával kapcsolatban. *Dr. Gagy Pálffy András* tájékoztatása alapján a Múzeum körüli iroda használata évente néhány tízezer forinttal olcsóbb lenne, de azt csak átalakítás után lehetne használni. Ezenkívül, mivel lakóházban található, csak korlátozottan vehetnének igénybe.

A vita lezárásaként az elnök kérte az ügyvezetést az anyagok kiadás előtti gondosabb egyeztetésére, majd a választmány elfogadta, hogy a 2013. évi beszámoló a közgyűlés elé terjeszthető.

Az OMBKE 2014. évi tervét, amit *dr. Gagy Pálffy András* ügyvezető igazgató terjesztett elő, az OMBKE választmánya egyhangúlag, ellenszavazat és tartózkodás nélkül jóváhagyta.

A továbbiakban a választmány a 104. küldöttgyűléssel kapcsolatos ügyeket tárgyalta meg (napirend, program, tisztségviselők, választás, kitüntetések, alapszabály).

A küldöttgyűlésről a BKL következő közös száma részletes beszámolót fog közölni.

Dr. Gagy Pálffy András
jegyzőkönyve alapján összeállította
Balázs Tamás

Az OMBKE szakosztályainak beszámolója a 2010–2014 közötti munkáról

Fémkohászati Szakosztály

A Fémkohászati Szakosztály a 2010–2014 közötti ciklusban is az OMBKE vezetésével szorosan együttműködve végezte munkáját. Rendezvényeinkre rendszeresen meghívtuk az egyesület és a társszakosztályok vezetőit.

Az elmúlt ciklusban elnökünk, *dr. Petrusz Béla* elhunytja miatt *Csurgó Lajos*, a székesfehérvári szervezet elnöke töltötte be e tisztséget, szorosan együttműködve az alelnökökkel.

A szakosztályvezetés nagy erőfeszítéseket tett annak érdekében, hogy a tervezett bevételek és kiadások összhangban legyenek. A MAL kiesése miatt csökkenő pártoló jogi tagdíjat a ciklus végére sikerült stabilizálni és kismértékben növelni. A pártoló jogi tagdíjak összege 2010-ben 2780 E Ft, 2011-ben 1250 E Ft, 2012-ben 1900 E Ft, 2013-ban 2200 E Ft volt.

Pártoló jogi tagvállalataink az elmúlt ciklusban: ALCOA-KÖFÉM Kft., GLOB-METAL Kft., GUARDIAN Üvegipari Kft., INOTAL Zrt., Kémény Zrt., RATH Hungária Kft., SCHMELZMETALL Hungária Kft., TÉT-3 Kft., MAL Zrt., MOTIM Zrt.

A szakosztály taglétszáma az OMBKE létszámmal összhangban sajnálatos módon 330 főről 283 főre csökkent. A csökkenés ellenére az egyéni tagdíjbevétele 17%-kal növekedett, ami elsősorban a ciklus közbeni tagdíjemelés következménye volt.

Amint az OMBKE-ben, úgy a szakosztályban is növekedett a tagok átlagéletkora, egyre több a nyugdíjas tagtársunk. A 283 fős létszámból mindössze 92 tagunk nem nyugdíjas korú aktív dolgozó.

Tagságunk rendszeresen részt vett az OMBKE által szervezett központi rendezvényeken, amelyek a következők voltak: OMBKE-bálok (Lillafüred); Bányász–Kohász–Földtani konferenciák; Jó szerencsét! konferenciák (Várpalota); Kunoss Endre emléktábla-avatás (Egyházashetye, 2011. 04. 07.); OMBKE-küldöttgyűlések; 120 éves az OMBKE (Selmecbánya, 2012. 06. 21.); Szigetközi Napok (Dunasziget); Selmecbányai szalamande-

rek; 250 éves a Selmeci Akadémia (2012. 10. 11.); Szent Borbála-rendezvények; Európai Bányász–Kohász találkozó (Pécs, Kassa); Magyar Öntőnapok; Fazola Napok (Miskolc)

A Fémkohászati Szakosztálynak minden évben voltak saját szervezésű, visszatérő rendezvényei, amelyek a teljesség igénye nélkül az alábbiak:

- Március 15-i ünnepi szakosztályi vezetőségi ülések;
- Fémkohász szakmai napok;
- Vezetőségi ülések és szakmai napok helyi szervezeteinknél (Inota 2011. 03. 10., Kecskemét 2012. 09. 21., Schmelzmetall 2012. 11. 30.; Kecskeméti szakmai nap (Kecskeméti Főiskola, Mercedes gyárlátogatás 2013. 10. 25);
- Alumíniumkohászat emléktábla-avatás (2013. 06. 13.) és színesfémkohászat emléktábla-avatás (2013. 09. 20.) előadásokkal Csepelen.

2014-ben tartottuk 20. ünnepi szakosztályi vezetőségi ülésünket, amin szokás szerint az 1848–49-es szabadságharc mellett a szakosztály nagyjairól is megemlékeztünk. Az elmúlt évek során a következő emlékező előadások hangzottak el:

- 2011. „In memoriam Petrusz Béla”; „Volt egyszer egy Csepeli Fémmű” (Balázs Fülöp, Becker Ervin, Deniflée Sándor, Gelei Sándor, Jakóby László, Solti Márton, Stefán Mihály)
- 2012. „100 éve született Gillemot László”
- 2013. „In memoriam Soltész István”
- 2014. „In memoriam Várhelyi Rezső”

Szakosztályunk kiemelkedő eseménye az Egyetemi Osztállyal évente közösen szervezett „Fémkohász Szakmai Nap”, amelyet már 14 alkalommal rendeztünk meg. A szakmai nap hagyománnyá vált programja a következőképpen alakult: szakmai előadások; a Miskolci Egyetem Bartók Béla Zeneművészeti Intézete rézfúvós zenekarának koncertje; fogadás, egyetemiek és ipariak baráti találkozója; Hagyományápoló Kohász Szakestély és Szakmai Kerekasztal (2013). A konferencia minden évben több válla-

lat anyagi támogatásával valósult meg, amelyen a részvétel mindenki számára – átlagosan 60-80 fő, ennek fele egyetemi hallgató – ingyenes volt.

A szakosztályi rendszeres tevékenység központjai a helyi szervezetek. A visszatérő, már hagyományos rendezvények voltak:

Ajkai helyi szervezet: Szakmai találkozók a helyi műszaki egyesületekkel (timföldi szakmai nap, helytörténeti előadások).

Budapesti helyi szervezet: Szakmai nap a budapesti Műszaki Egyetemen; Gyárlátogatások (Fémalk, Hoffer öntöde, Lőrinci Hengermű, Bombardier, Aluko, Mercedes); Soltz Vilmos síremlékének koszorúzása.

Csepeli helyi szervezet: „Volt fémművesek” szakmai találkozói.

Inotai helyi szervezet: 60 éves az inotai alumíniumkohászat rendezvény.

Kecskeméti helyi szervezet: Alumíniumipari szakmai napok; Szent Hubertus és Szent Borbála emlékülések; Tiszántúliak Társaságának rendezvényei.

Székesfehérvári helyi szervezet: Havonta szakmai délután; Kunoss Endre sírjának koszorúzása; Mikulásbál; Múzeumok éjszakája.

Tatabányai helyi szervezet: Közös rendezvények a helyi bányász szervezettel.

Szakosztályunk az OMBKE kitüntetési rendszere alapján minden évben elismeri a kiemelkedő tevékenységet nyújtó tagjainak munkáját. Az elmúlt ciklusban az alábbi tagok részesültek elismerésben:

Szent Borbála-emlékérem: *Molnár István* (2011), *Varga Ferenc* (2012), *Horváth Csaba* (2013)

Mikoviny Sámuel-emlékérem: *Dánfy László, Szablyár Péter* (2013)

Kerpely Antal-emlékérem: *Éva András* (2012), *Balogh Zoltán* (2011),

Wahlner Aladár-emlékérem: *Komjáthy István* (2011)

OMBKE nagy plakett: *GLOB-METAL Kft. (Szabó Ferenc, 2010), INOTAL Zrt. (Kálmán László, 2013)*

OMBKE-emlékplakett:
Kórodi István (2011), Huszics Zoltán
(2012), Szűcs Zoltán (2013)

Kiemelkedő egyesületi munkáért
oklevél: Csonka László (2013)

Tiszteleti tag: Puza Ferenc (2012)

A 2014. évi tisztújítás után a Fém-
kohászati Szakosztály tisztségviselői
a következők:

Szakosztályi elnök: Csurgó Lajos,
titkár: Sándor István,

titkárhelyettes: Varga Mária
Szakosztályi alelnökök: Balázs Tamás,
Hajnal János, Varga Ferenc
Vezetőségi tagok: Balázs László, dr.
Hatala Pál, Horváth Csaba (Székes-
fehérvár), Komjáthy István, dr. Török
Tamás

Ajkai helyi szervezet: elnök Balogh
Zoltán, titkár Józsné Károlyi Csilla
Budapesti helyi szervezet: elnök
Köves Kristóf, titkár Csonka László

Csepeli helyi szervezet: elnök Bagi
János, titkár Varga Mária
Inotai helyi szervezet: elnök Penk
Márton, titkár Huszics Zoltán
Kecskeméti helyi szervezet: elnök
Dánfy László, titkár Széll Pál
Székesfehérvári helyi szervezet: elnök
Csurgó Lajos, titkár Simon László
Tatabányai helyi szervezet: elnök
Vécsey Gábor, titkár Erős András

 Sándor István

Öntészeti Szakosztály

Az OMBKE Öntészeti Szakosztálya
2014. április 26-án, Csepelen tartotta
cikluszáró és tisztújító vezetőségi ülé-
sét. A beszámolót dr. Fegyverneki
György szakosztály titkár mondta el.

A külvilág tendenciái meghatározó-
ak voltak a hazai öntőiparban is.
Tovább nőtt a könnyűfémöntészet
súlya, és örömdetesen nőtt a vasala-
pú, elsősorban a gömbgrafitos önt-
vénytermelés volumene is. Ennek
megfelelően változott az öntődék szá-
ma, jöttek létre újak, megerősödtek
régebbi, tradicionális öntődék, de saj-
nos bezárt öntődékről is tudunk. A
működő öntődei kapacitások jelentős
része nem magyar tulajdonú vállalko-
zás. Ezért a külföldi tulajdonú öntődék
esetében feladatunknak tekintettük,
hogy megismertessük e cégek me-
nedzsmentjével az egyesület, a szak-
osztály munkáját, célkitűzéseit. Ez
részben sikerült is, a pártoló cégek
között már megjelentek a multinacio-
nális vállalatok.

A szakosztályi vezetőségi üléseket
(összesen 13-at) Budapesten vagy
prosperáló öntészeti vállalkozásoknál
(Nemak Kft. Győr, Szegedi Öntőde
Kft., TP Technoplus Kft. Somlóhegy,
Qualiform Zrt., Alu-Block Kft., Salker
Kft. Apc) tartottuk.

Az OMBKE 26 fős választmányá-
ban a szakosztályt Katkó Károly elnök
és dr. Fegyverneki György titkár képví-
selte. A választmány tagja volt továb-
bá dr. Lengyel Károly főtitkár, Szom-
batfalvy Rudolf, az Ellenőrző Bizottság
elnöke, dr. Lukács Sándor, az Ifjúsági
Bizottság vezetője, valamint dr. Bakó
Károly, az Etikai Bizottság vezetője.

A szakosztály vezetése ebben a
ciklusban is kiemelten foglalkozott fia-
tal tagjainkkal. Rendezvényeinkre –
OMBKE-bál, Magyar Öntőnapok –
kedvező lehetőséget biztosítottunk
részvételükhöz. Helyi szervezeteink is

sokat tettek a fiatalok egyesületi élet-
be történő bevonásáért, különösen a
Ferencz István Észak-dunántúli Regi-
onális Kohász Szervezet és a Csepeli
helyi szervezet.

Az egyesület költségvetésében
jelentős tételt tesz ki szaklapjaink
megjelentetése és terjesztése. Tisz-
teleti tagunk, dr. Sándor József, a
Fémalk Zrt. tulajdonosa az elmúlt cik-
lusban minden évben vállalta a Ko-
hászati Lapok négy egyéni száma
költségeinek kifizetését, amit ezúton is
köszönünk.

A Magyar Öntészeti Szövetséggel
jól működő együttműködési szerződés-
sünk van. Szakmai feladataink megol-
dásában, a rendezvények lebonyolítá-
sában közösen dolgozunk, a vezetőségi
üléseken kölcsönös a részvétel. A MÖSZ
pártoló tagként jelentős
anyagi támogatást nyújt az egyesület-
nek, s így a szakosztálynak is.

Az Öntődei Múzeum rendezvényei-
nek látogatását, segítségét a szakosz-
tály vezetése, de minden tagunk is
szívélyének tekinti. A helyi szerveze-
tek, a szakcsoportok az elmúlt négy
évben is több rendezvényt, eseményt
tartottak itt, ezek közül is kiemelkedik
a szakosztály-alapítás 60. évfordulójá-
nak megünneplése. A ciklus során
kiállításokat, vetélkedőket, kiadványo-
kat támogattunk.

2012 végétől dr. Hatala Pál alelnök
vállalta az összekötői szerepet a szak-
osztály és a múzeum között. Ez a
megoldás jól működött Kutas László
szobrászművész kiállításának (2013),
és Ganz Ábrahám születésének 200.
évfordulójáról való megemlékezés
(2014) megrendezésénél is. Az MMKM
vezetősége és az OMBKE –
az Öntészeti Szakosztály hathatós
közreműködésével – 2014. március
14-én aláírt együttműködési megállá-
podása értelmében rendezvényeink

múzeumi lebonyolíthatóságáért 120
E Ft támogatást biztosítunk évente.

Évente részt vettünk a lillafüredi
OMBKE-bál szervezésében és lebo-
nyolításában a Bányászati Szakosz-
tály borsodi helyi szervezetével közö-
sen. 60-70 tagtársunk és családtagja-
ik szoktak részt venni a február végén,
gyönyörű környezetben tartott, csalá-
dias hangulatú, elegáns eseményen.

Az Erdélyi Magyar Tudományos
Egyesület és az OMBKE szervezésé-
ben rendezett tavaszi Bányászati-Ko-
hászati-Földtani Konferenciákon szak-
osztályunkat 18-20 fő képviselte.

A Szigetközi Szakmai Napok szer-
vezője a helyi szervezet, a szakosz-
tály vezetőségével közösen. Évenként
rendszeresen 110-120 fő vett részt, a
helybéli tagtársakhoz öntész, fémko-
hász és bányász kollégák is csatlá-
koztak az egyesületi szinten is kedvelt
rendezvényhez.

A nagysikerű Magyar Öntőnapokat
a MÖSZ és az Öntészeti Szakosztály
közös szervezésében kétfévente tar-
tottuk meg, őszi, háromnapos tudo-
mányos konferencia keretében.

A tisztújítás során az újonnan meg-
választott szakosztályi vezetőség tag-
jai lettek:

Szakosztályi elnök: Katkó Károly,
titkár: dr. Fegyverneki György, alelnö-
kök: dr. Lengyel Károly, dr. Hatala Pál,
dr. Takács Nándor, titkárhelyettesek:
Kővágó Zoltán, dr. Szombatfalvy
Anna. Vezetőségi tagok: Fodor Krisz-
tina, dr. Ládai Balázs, dr. Lengyelné
Kiss Katalin, dr. Lukács Sándor, dr.
Pintér Richárd, dr. Sohajda József.

Az Öntészeti Szakosztály taglét-
száma 2014. év elején 256 fő volt.

Szakosztályi tagságunk az elmúlt
ciklusban hét helyi szervezetben, egy
regionális helyi szervezetben és két
szakmai szakcsoportban végezte
szakmai-társadalmi munkáját.

A Budapesti helyi szervezet a legnagyobb létszámú (134 fő), többségében nyugdíjas kollégák a tagjai. Megválasztott elnök: *Szalai Attila*, titkár: *Kővágó Zoltán*.

A Csepeli helyi szervezet döntően a Csepel Metall Vasöntőde Kft.-ben és a Fémalk Zrt.-ben dolgozó tagokból áll. Megválasztott elnök: *Fodor Krisztina*, titkárok: *Berecz Tamás* (vasas) és *Somogyi János* (hőkezelős).

A Ferencz István Észak-Dunántúli Kohászati Regionális Szervezet az egyik legaktívabb helyi szervezet, a régió öntész és fémkohász tagságából áll. Minden évben sikeres Szigetközi Szakmai Napokat rendeztek. Elmaradhatatlan résztvevői az egyesület minden eseményének. Megválasztott elnök: *Pivarcsi László*, elnökhelyettes: *dr. Fegyverneki György*, titkár: *Tóth Károly* (Mosonmagyaróvár) és *Farkas György* (Győr), gazdasági ügyintéző: *Pivarcsi Judit*.

A Diósgyőri helyi szervezet támogatóját, a Diósgyőri Öntőde Kft.-t felszámolták, így működésük nehézkessé vált. A szakosztály új vezetőségének minden lehetséges segítséget meg kell majd adnia a részükre, hogy életben maradjanak. Megválasztott elnök-titkár: *Majkut Albert*, alelnök: *Sipos István*.

A Székesfehérvári helyi szervezet alapvetően a Nehézfémöntőde Zrt. köré szerveződik. Megválasztott elnök: *dr. Palásti Károly*, titkár: *Horváth Anita*.

Az Apci helyi szervezet a helyi fémöntészeti vállalkozások szakembereit foja össze. Megválasztott elnök: *Demeter Lajos*, titkár: *Rigó Róbert*.

A Sátoraljaújhelyi helyi szervezet a Prec-Cast Kft. segítségével tevékeny-

kedik. A szakmai és egyesületi rendezvényeknek rendszeres résztvevői voltak, ahol számos előadást is tartottak. Megválasztott elnök: *dr. Szabó Richárd*, titkár: *Csóke Péter*.

A Szegedi helyi szervezet a délalföldi régióban élő tagtársakból alakult 2012. november 14-én, 13 fővel. Megválasztott elnök *Kovács Sándor*, titkár *Pataki Árpád*.

Az Öntésztörténeti és múzeumi szakcsoport ebben a ciklusban is kiemelkedő, több területet átölölő, rendszeres tevékenységet végzett. Évenként 4-5 összejövetelt tartottak, hathatósan segítették az Öntődei Múzeum munkáját. Megválasztott elnök: *Karancz Ernő*, titkár: *Lathwesen László*.

A Mintakészítő szakcsoport a Budapesten és környékén dolgozó egyéni és társas vállalkozásokra épül. Évenként két-három szakmai összejövetelt tartottak. Megválasztott elnök: *Poteczin Imre*, titkár: *Korányi Károly*.

Nagy örömünkre szolgált, hogy ebben a ciklusban is lehetőségünk volt tagtársaink igyekezetét, elkötelezettségét kitüntetésekkel is elismerni, elismertetni az alábbiak szerint:

Szent Borbála-emlékérem: *dr. Hatala Pál*, *dr. Lengyelne Kiss Katalin*, *dr. Takács Nándor*, *Pivarcsi László*;

OMBKE nagy plakett: *Magyar Öntészeti Szövetség* (*dr. Hatala Pál*), *Nemak Győr Kft.* (*David Toth*), *Alba Metal 1991 Kft.* (*Szombatfalvy Rudolf*);

z. Zorkóczy Samu-emlékérem: *Pivarcsi László*, *dr. Takács Nándor*, *dr. Sohajda József*, *dr. Fegyverneki György*;

Wahlner Aladár-emlékérem: *Fodor Krisztina*;

Egyesületi Munkáért OMBKE-plakett: *Szombatfalvy Anna*, *Szabó Gábor*, *Dobóczy István*, *Demeter Lajos*, *Majkut Albert*;

Egyesületi munkáért OMBKE-oklevél: *dr. Bán Attila*, *Török Róbert*, *Tokár Mónika*, *Tóth Judit*, *Hertelendi Ákos*, *Berecz Tamás*, *Fóris Imre*, *dr. Pintér Richárd*;

Öntészeti Szakosztályért-érem: *Dózsa Sarolta* (No 27), *Fogarasi Béla* (No 28), *Tóth Károly* (No 29), *Sipos István* (No 30), *dr. Bán Attila* (No 31), *Csukásné Kővári Etelka* (No 32), *dr. Bakó Károly* (No 33), *dr. Ládai Balázs* (No 34), *dr. Sándor József* (No 35)

A szakosztály gazdálkodása körültekintő, kiegyensúlyozott és eredményes volt az elmúlt ciklusban. A tagdíj-bevételekből, az Öntőnapok és OMBKE-ből nyereségéből, valamint a pártoló, támogató vállalatok jelentős anyagi segítségével sikerült előre tervezett szakosztályi gazdálkodást kialakítani. Az Öntészeti Szakosztály nem tudott volna ennyi színvonalas rendezvényt szervezni, lebonyolítani támogatói, szponzorai segítségével nélkül, amit ezúton is köszönünk az alábbi cégeknek: *ABM Kuprál Kft.*, *Alba Metal 1991 Kft.*, *Alu Blokk Kft.*, *Csepel Metall Vasöntőde Kft.*, *Csefém Kft.*, *FÉMALK Zrt.*, *K+K Vas Kft.*, *Kaszimpex Kft.*, *L-Duplex Pivó Kft.*, *Magyarmet Cégcsoport.*, *Magyar Öntészeti Szövetség*, *Nemak Győr Kft.*, *Nemes Kft.*, *Patina Öntőde Kft.*, *PYROVEN Kft.*, *P-Metál Kft.*, *Prec-Cast Öntődei Kft.*, *RDX-REDEX Kft.*, *Salker Kft.*, *Szegedi Öntőde Kft.*, *TP Technoplus Kft.*

Katkó Károly beszámolója alapján összeállította: LKK

Vaskohászati Szakosztály

Az OMBKE Vaskohászati Szakosztálya tevékenységét az évek óta jól bevált program szerint végezte, igazodva az egyesület központi, és a társszervezetek helyi programjaihoz.

A beszámolási időszakban minden év a hagyományos összevont vezetőségi üléssel kezdődött, ahol értékelték az előző év tevékenységét és a választmányi üléseken elhangzottakról a vezetőség tájékoztatót kapott. Ismertették, majd elfogadták a tárgyév tervezett programját. A vezetőségi ülés-

seken egyeztetették a központi, a társzakosztályi, valamint a helyi szervezésű programok várható időpontjait és az azokon való részvételt.

A szakosztály vezetése büszke arra, hogy az évente tartott rendszeres rendezvények egyre több érdeklődőt vonzanak a helyi szervezetek és a szakma közelébe.

Több évtizedes hagyományokra tekint vissza a dunajvárosi helyi szervezet klubnapi rendezvénysorozata, amelyet évente 6-7 alkalommal ren-

deznek meg, lehetőséget adva aktuális szakmai előadások megtartására, fiatal szakemberek bemutatkozására és a témához kapcsolódó véleménycserére.

A diósgyőri helyi szervezet legjelentősebb rendezvénye a 2007-ben indított Fazola-napok. A helyi bányászok, kohászok, erdészek mellett számtalan oktatási intézet, civil szervezet, egyesület összefogásával valósult meg ez a nagyszabású rendezvény, melynek célja a műszaki örökség védelme,

ipari örökségünk bekapcsolása az idegenforgalomba, a műszaki természet-tudomány körébe tartozó szakmák élethivatásul választásának segítése, a kohász, bányász, erdész kulturális hagyományok ápolása. Az itt részt vevő vendégek számára példát mutatnak a kulturális örökségeink ápolása, a szakmai barátság fenntartása, a generációk közötti fesztelen kapcsolat gyakorlása terén egyaránt.

Komoly hagyománya van a dunaújvárosi és a budapesti szervezésű Szent Borbála- és Luca-napi szakestélyeknek. Ezek a rendezvényeken, a jó hangulat mellett, az adott év kiemelt eseményeinek felelevenítése a fő téma. A Luca-napi szakestély tematikája mindig valamely évfordulóhoz, nevezetesen eseményhez, vagy személyhez kötődik, amely a kupa tervezésében illetve a kupaavatásban is megjelenik.

A Vaskohászati Szakosztályban a beszámolási időszakban 4 taggyűlés, 36 vezetőségi ülés, 45 klubnap és konferencia, 58 rendezvény, kirándulás és szakestély volt. A konferenciák és rendezvények többségén tagjaink az aktuális témához kapcsolódó színvonalas előadásokat tartottak.

A szakosztály és a helyi szervezetek az egyesületi szervezetekkel, mint például a Borsodi Bányász Szervezet, a Nyugdíjas Bányász Klubbal, az Egyetemi Osztállyal szoros kapcsolatot alakítottak ki. Ezen túlmenően nagyon jó az együttműködés a társszakosztályokkal, a főiskolai, az egyetemi és a különböző helyi szervezetekkel. 2012-ben aláírták a Dunaújvárosi Kereskedelmi és Iparkamara, valamint az OMBKE dunaújvárosi helyi szervezetének együttműködési megállapodását.

A szakosztály publikációs tevékenységének intenzitása nem csökkent az eltelt négy esztendőben. A szakmai folyóiratokban való megjelenésen túl számos tagtársunk publikációja, riportja, beszámolója jelent meg a vállalati és helyi médiában. Ki kell emelni a dunaújvárosi helyi szervezet által elindított és üzemeltetett színvonalas írásokkal, beszámolókkal tarkított, naprakész információkkal rendelkező internetes honlapot.

A XIII. Európai Bányász-Kohász találkozó alkalmával 2010. május 28-án Pécsen megrendezett „Fenntart-

ható fejlődés feltételei az európai bányászatban és kohászatban” konferencia záró dokumentumának, illetve „A kohászat helyzete és helye a mai gazdaságban” munkaanyag megalkotásában a vaskohászati szakosztály vezetése tevékenyen részt vett.

A vezetőség a tagság teljes egyetértésével úgy látja, hogy az ISD Dunafer Zrt.-nek, a magyar kohászat utolsó integrált acélgyártási vertikumának továbbra is szüksége van a támogatásra, és az integrált, egymásra épülő technológia mellett lándzsát törő szakmai érvekre. Ezeket az érveket minden lehetséges fórumon megvitatták.

A jelenleg fél térdre kényszerített nyersvas- és acélgyártás, az egykörös üzemmenet eddig sem a szakosztályi létszám alakulásában, sem a rendezvényeken való részvételi arányban nem volt jelentősen érezhető. A vaskohászati szakosztály tagságának létszáma a helyi szervezetek beszámolója alapján 419 fő. Ez a létszám 2010-hez képest megközelítőleg 10%-os csökkenést mutat. Többen kiléptek egyesületünkől, illetve a tagdíjmaradásuk miatt megszűnt tagságuk. Örömteli viszont, hogy az elmúlt két évben 33 fiatal kérte felvételét, így a hallgatók száma elérte a 46 főt. A szakosztály vezetése törekszik a végzett fiatalok pályájának figyelemmel kísérésére, hogy tagságuk ne szakadjon meg más területre történő elhelyezkedésük során sem.

A pénzügyi lehetőségeket alapvetően a befizetett tagdíjak 20-30%-a határozta meg. A 2010–2014. év közötti időszakban a gazdaságban és az acéliparban tapasztalt nehézségek a vállalatok támogatási lehetőségeit jelentősen csökkentették. Ebben a helyzetben eredményként könyvelhető el, hogy a beszámolási időszakban a jogi tagdíjak, éves szinten 3 millió forint közelében alakultak.

A beszámolási időszakban a következő tagtársak kaptak különböző kitüntetések:

Szent Borbála-emlékérem: *dr. Lukács Péter, dr. Sándor Péter, Hevesi Imre, Csirikusz József, dr. Marczis Gáborné;*

Kerpely Antal-emlékérem: *Lontai Attila, Józsa Róbert, Solt László;*

OMBKE-emlékplakett: *Pallag János, Kvárik Sándor, Sente Tünde,*

Felföldiné Kovács Ágnes;

Kiemelkedő egyesületi munkáért oklevél: *Szakács Sándor, Horváth Diána, Kovács Attila, Horváth Zsuzsanna, Mach Kornél, Bátonyi József;*

OMBKE nagy plakett: *ISD POWER Kft. (dr. Sándor Péter), DUTRADE Zrt. (Nyíkes Csaba),*

Tiszteleti tagok: *dr. Szűcs László, dr. Marczis Gáborné, dr. Verő Balázs.*

A beszámolási időszak tapasztalatai alapján az elkövetkezendő évekre vonatkozóan az alábbi gondolatok fogalmazódtak meg.

Létszámra vonatkozóan megállapítható, hogy a taglétszámcsökkenés egyre nehezebben kezelhető, az idősebb tagtársak egyre kevésbé tudnak a programokon részt venni. Elengethetetlen a további fiatalítás. Javaslatként több fórumon megfogalmazódott, hogy a helyi szervezetek ne csak a vaskohász végzettségű szakemberekből, hanem rokon szakmából is próbáljanak tagtársakat toborozni (pl. gépészmérnök, anyagmérnök).

A támogató vállalatok anyagi helyzete az elmúlt években nem javult. A jogi tagdíjakból befolyó felhasználható támogatás növeléséhez további támogatók bevonása szükséges. A támogatók bevonása mellett megfontolandó a költséggazdálkodásban rejlő tartalékok feltárása is.

Az elmúlt időszakban tapasztalt jó példák alapján javasolható, más szakosztályokkal, illetve helyi szervezetekkel való kapcsolat szorosabbra fűzése, közös programok szervezése.

Összességében az elmúlt négy évben végzett munkát – figyelembe véve a szakosztály és a helyi szervezetek adottságait és pénzügyi lehetőségeit – a szakosztály vezetősége sikeresnek ítéli.

A 2014. évi tisztújításon megválasztott tisztségviselők:

Szakosztályi elnök: *Bocz András,* titkár *Boross Péter;*

Dunaújvárosi helyi szervezet: elnök *Józsa Róbert,* titkár *Dani Bálint;*

Budapesti helyi szervezet: elnök *dr. Réger Mihály,* titkár *Nagyné Halász Erzsébet;*

Diósgyőri helyi szervezet: elnök *dr. Nyitray Dániel.*

 **Hajnal Attila**

A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei

2014. május–június

• A Metallurgiai és Öntészeti Intézetet, valamint a kar dékánját meglátogatta *Mezey Viktor* magyar-szlovák vállalkozó, az Ózdi Acélművek egyik legfontosabb alapanyag-ellátó partnere, keresve új K+F témákban kialakítható együttműködést. A kémiai metallurgia területe bőven ad alapot új kutatási feladatokhoz, illetve technológiai fejlesztésekhez, azonban ritkán fordul elő, hogy azokat a befektetési szándék generálja. Ebben az esetben az Intézetben a Salker Kft.-vel nemrég kialakított együttműködés eredménye hozta elő az első konkrét javaslatot. Az öntödei alumíniumsalakok mechanikai feldolgozásából származó maradványpor megfelelő pótlékanyag lehet az acélgépjártásban szintetikus kéntelenítő salakképzéshez, azonban hidrometallurgiai kezeléssel előbb el kell távolítani a sóalkotókat és utána ki kell alakítani a megfelelő szilárdságú briketteket. Megfelelő közeg alkalmazása a maradvány fémes alumíniumtartalmának egy alternatív hasznosítási lehetőségét is magával hozhatja s máris háromoldalúvá alakulhat a téma kapcsán kibontakozó K+F együttműködés.

• Az OMBKE Egyetemi Osztály 2014. április 7-én tartotta tisztújító közgyűlését. A közgyűlést *dr. Nagy Lajos* OMBKE-elnök is megtisztelte jelenlétével. A közgyűlésen a leköszönő vezetőség nevében *dr. Havasi István*, az előző ciklus elnöke beszámolót tartott az előző négyéves ciklus eredményeiről. A jelenlévő tagtársak a következő ciklusra egyhangú szavazással az Egyetemi Osztály elnökének *dr. Havasi Istvánt* (Műszaki Földtudományi Kar), alelnökének *dr. Mende Tamást* (Műszaki Anyagtudományi Kar), titkárának *dr. Szabó Tibort* (MFK), titkárhelyettesének pedig *Mende-Tokár Monikát* (MAK) választották. Az Egyetemi Osztály új vezetőségének további tagjai: *Morvai Tibor* (MFK), *dr. Dúl Jenő* (MAK), *dr. Ladányi Gábor* (MFK), *dr. Török Tamás* (MAK), *dr. Harcsik Béla* (MAK), *Horánszky Beáta* (MFK), *Domonkos Balázs* (MAK), *Ginovszky Máté* (MFK).

• 2014. április 24-én rendezték meg a „Lányok Napja 2014 – Labortúrák a Miskolci Egyetemen” interaktív nyílt napot. A középiskolás lányok immár hagyományosnak mondható „vendéglátásának” főszervezője ezúttal is *Roneczné Ambrus-Tóth Judit* volt a Műszaki Anyagtudományi Kar képviselőjében, de a Műszaki Földtudományi és a Gépészmérnöki- és Informatikai Kar is aktív szerepet vállalt a lebonyolításban. A régió 16 középiskolájából összesen 72 lány vett részt az eseményen. A rendezvényt a Black Cats, a Miskolci Egyetem cheerleaders csapata nyitotta, majd *Óváriné dr. Balajti Zsuzsanna* tanulmányi rektorhelyettes köszöntötte a megjelenteket. Ezután *dr. Zsiga Marcell* alpolgármester, valamint *dr. Bokányi Ljudmilla* egyetemi docens, intézeti tanszékvezető, mint a NATE (Nők a Tudományban Egyesület) tagja köszöntötte a lányokat. *Papp Kornélia*, az Inno-Comp Kft. termékfejlesztési vezetője, valamint *dr. Oroszné dr. Prekop Erzsébet*, a Miskolci Likörgyár Zrt. vezérigazgatója beszélt arról, hogy milyen karrierlehetőségeket, és milyen kihívásokat jelent a műszaki életpálya a hölgyek számára. A résztvevők nyolc csoportba osztva indultak a labortúrára, ahol összesen 24 programban vehettek részt.

• *Dr. Sziklavári István* (a Miskolci Steel Mills Kft. kohászati szakértője) 2014. április 3-án és május 6-án – tanóra keretében – tájékoztatást adott a leendő új diósgyőri mini acélmű műszaki paramétereiről, berendezéseiről. Az előadáson nem csak hallgatók, hanem oktatók is szép számmal részt vettek ahol számos – részletekbe is belemerő – kérdés is elhangzott.

• 2014. április 23–24-én a Miskolci Egyetem anyagmérnökszakos, hőkezelés-képlékenyalakítás szakirányos hallgatói a Fémtani, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet által szervezett tanulmányi kiránduláson vettek részt. A tanulmányút során a csoport meglátogatta a FAG Magyarország Ipari Kft., az Andritz Kft. és a Mercedes-Benz Manufacturing Hungary üzemeit. A cégek az üzemlátoga-

táson túl nagyszerű szakmai, és az ipari életet bemutató előadásokkal is készültek diákjaink számára. Köszönjük nekik!

• Az Emberi Erőforrások Minisztériuma, illetve a brazil oktatási tárca által képviselt kormányközi megállapodás alapján jelentős létszámú brazil hallgató érkezett Magyarországra (Tudomány Határok Nélkül brazil állami ösztöndíjprogram). A program keretében a 2013/14. tanév tavaszi szemeszterében kilenc brazil egyetemi hallgató folytatja felsőfokú tanulmányait a nemzetközi viszonylatban is speciális felsőfokú képzési területeket érintő Műszaki Anyagtudományi Karon. Egy éves képzésüknek szerves részét képezi a nyolchetes kötelező nyári szakmai gyakorlat. A brazil hallgatók jól beilleszkedtek az egyetemi légkörbe, ebben segítségükre voltak a „személyi mentorai” is, akik karunk hallgatói közül kerültek ki. Az őszi szemesztertől – információk szerint – még legalább két újabb hallgató csatlakozik a csapathoz, szintén egyéves egyetemi tanulmányok keretében. A karon tanuló brazil hallgatókkal kapcsolatos képzések, szakmai gyakorlatok és egyéb tevékenységek szervezési feladatait *dr. Török Béla*, a Metallurgiai és Öntészeti Intézet docense végzi.

• 2014. június 10–12. között zajlottak a Műszaki Anyagtudományi Kar záróvizsgái, hét bizottság előtt összesen 58 hallgató védte meg szakdolgozatát vagy diplomamunkáját. BSc-képzés keretében hőkezelési (4 fő), képlékenyalakítási (1 fő), nanotechnológiai (2 fő), hőenergia-gazdálkodási (4 fő), polimer-technológiai (8 fő), szilikát-technológiai (6 fő), vegyipari technológiai (4 fő) és öntészeti (2 fő) szakirányon zárták tanulmányaikat. A mesterképzés (MSc) szintjén pedig hőkezelési és képlékenyalakítási (4 fő), vegyipari technológiai (2 fő), polimer-technológiai (6 fő), energetika (2 fő), hőenergia-gazdálkodási (2 fő), kémiai fémtechnológiai (5 fő), öntészeti (5 fő), valamint kerámia- és szilikátmérnöki (1 fő) szakirányon adhattak számot tudásukról. A fiatal mérnököknek sok sikert és jó szerencsét kívánunk szakmai pályafutásukhoz!

• 2014. június 16-án rendezték meg az V. Anyagtudományi Versenyt a Miskolci Egyetem XXXIV. előadójában. A 2–5 fős középiskolás csapatok számára idén „Zöld Energia – Green Car” avagy Innováció a járműiparban címmel írtuk ki a versenyt. Az előző évekhez hasonlóan az ország számos középiskolájából érkeztek csapatok, de az első helyen címvédés történt, ezúttal is a veszpremi Ipari Szakközépiskola és Gimnázium hallgatóiból álló csapat (Terry Gyula oktató vezetésével) végzett az összetett pontverseny élén. Az V. Anyagtudományi Verseny főtámogatója a FORR-ÁSZ projekt, támogatója a FUX Zrt. volt, támogatásukat ezúton is köszönjük!

• 2014. június 30-án lejárt dr. Gácsi Zoltán dékáni megbízatása, nyolc év után távozik a Műszaki Anyagtudományi Kar éléről. Helyét a kar Összalkalmazotti Értekezlete, valamint a Kari Tanács egyhangú döntésének megfelelően dr. Palotás Árpád Bence egyetemi tanár, jelenlegi dékánhelyettes, az Energia- és Minőségügyi Intézet igazgatója vette át 2014. július 1-től.

• A Műszaki Anyagtudományi Kar vezetése a Műszaki Földtudományi Kar vezetésével közösen kihelyezett közös Ünnepi Kari Tanácsulást szervezett Selmecbányára, a két kar alapításának helyszínére. A 2014. május 30–31-én megrendezett selmecbányai látogatást a „Quo vadis, történel-

mi miskolci karok?” mottó jegyében hirdették meg. Az ünnepi hangulatot fokozta a résztvevőkben az a tudat, hogy az Akadémia Selmecbányáról való elköltözése óta (1919) nem került sor hivatalos kari tanácsülésre a karok bölcsőjében, az ősi akadémia falai között. Az Ünnepi Kari Tanácsulást a kari vezetőkön túl jelenlétével megtisztelte dr. Nagy Lajos, az OMBKE elnöke, Horányi István, okleveles bányamérnök, főtanácsos, valamint Vécsei György, a Miskolc Holding igazgatóságának elnöke is. A tanácsülés tiszteletére a karok oktatói, hallgatói szakestétlyel is megemlékeztek a selmecbányai gyökerekről, hagyományokról.

Mende Tamás

KÖSZÖNTÉSEK

70. születésnapját ünnepelte

Faragó Péter 1944. május 1-jén született Kőszegen. Szombathelyen, a Gépipari Technikumban érettségizett 1962-ben.

Első munkahelye a Csepeli Acélműben volt, ahol hengerésként dolgozott egy évig. Az Acélmű ösztöndíjasaként 1963-ban felvételt nyert az NME kohómérnöki karára, ahol 1968-ban végzett metallurgus szakon.



1968 augusztusát követően 26 éven keresztül dolgozott első munkahelyén, különböző beosztásokban. Először az Elektroacélmű üzemvezetője, majd az Acélmű Gáregység műszaki vezetője lett. Amikor Csepelen is munkakörülményeket javító, ún. „szinttartó” beruházás indult, a beruházást lebonyolító szervezet műszaki vezetője volt. Ezután közel húsz éven keresztül a Termelési Osztályt vezette. A rendszerváltást követően önálló divíziókra bomlott a Csepeli Csőgyár. Ekkor a nagyméretű varrat nélküli és olajbányászati csöveket gyártó divízió vezetője lett. Az általa vezetett divízió jelentős exportot bonyolított le a baskíri olajbányászokkal.

1994-ben személyes okok miatt

elhagyta a Csőgyárat, és megalapította a Flansch-Tech Kohászati Termék- és Acélkereskedelmi Kft.-t. Azóta, ma már nyugdíjasként, saját cége ügyvezetőjeként dolgozik. A Flansch-Tech Kft. az elmúlt húsz évben acélkereskedelemmel és süllyesztékes kovácsolással foglalkozó közép vállalkozássá fejlődött. A cég árbevétele 2013-ban elérte az 5 Md Ft-ot, a cég dolgozóinak száma meghaladja a 100 főt.

Az OMBKE-nek már az egyetemen tagja lett. Az egyesület munkájában a mai napig részt vesz.

Lakner József 1967-ben végzett az Eötvös Loránd Tudományegyetem fizikus szakán. 1967–74 között a Székesfehérvári Könnyűfémű akkor létesülő Központi Technológiai Kutató Laboratóriumában dolgozott, mint kutatómérnök, a későbbiekben mint laborvezető. Fő feladata a laboratórium beindítása, majd a Magyar Alumíniumipari Tröszt és a francia CEGEDUR cég közötti licencszerződés anyagainak adaptálása, illetve továbbfejlesztése volt. Foglalkozott az alumíniumötvözetek mág-



neses tulajdonságaival, amiből 1978-ban megvédte kandidátusi értekezését (fizika tudomány).

1974-ben átszervezés során az akkori Fémipari Kutató Intézethez, majd az ALUTERV-FKI-hoz került mint tudományos osztályvezető, majd laborvezető és tudományos tanácsadó. Témavezetőként a K-1, Az alumíniumipar fejlesztése című kiemelt célprogram legnagyobb témáját, Az anyagtakarékosságot eredményező célötvözetek kialakítása címűt vezette 1975–85 között. Ezen belül is elsősorban az AlZnMg ötvözetek kialakításával és hazai elterjesztésével foglalkozott. Nevéhez fűződött az osztrák VMW Ranshofennel együttműködve, a mangánnal és krómmal adalékolt AlZn5Mg ötvözet kialakítása és bevezetése (több európai alumíniumgyártónál is). 1985-ben kezdett foglalkozni a vas szerepe az alumíniumötvözetekben című témával, mint témavezető is, amely tudományos szempontból az intézet egyik legsikeresebb témája volt.

1993 óta a Kandó Kálmán Műszaki Főiskolán, illetve jogutódjainál főállású főiskolai tanárként matematikát és fizikát tanított. 2013-tól a Hidrofilt Kft.-nél tudományos tanácsadó, címzetes egyetemi tanár, jelenleg is több egyetemen oktat. 1999 óta a fő kutatási

területe a termodinamikai és statikus matematikai módszerek alkalmazása a biológiában. A kezdetektől fogva foglalkozott művészettörténettel, műgyűjtéssel. A 90-es években több publikációt is írt ebben a témakörben, amelyek már alapműveknek számítanak.

1972 óta tagja az OMBKE-nek, 1975 óta az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak, 1979 óta az MTA Veszprémi Területi Bizottságának, ahol 1980 és 1996 között az elnökség tagja, 1990–96 között a Műszaki Szakbizottság elnöke volt. Több cikluson keresztül tagja volt az MTA Anyagtudományi, illetve Szilárdtestfizikai Bizottságainak. Tagja a Vörösmarty Irodalmi Társaságnak, ahol a Képzőművészeti Szakosztály elnöki tisztét is betölti. Tudományszervező és közéleti tevékenységéért 2010-ben „Székesfehérvárért” kitüntetést kapott. Eddigi munkája során hat szabadalma, több mint 100 publikációja jelent meg, 70%-ban idegen nyelven. 30 szakmai és nagy-

számú egyéb eladást tartott. Nős, két gyermeke és három unokája van.

Szentesi István 1944. május 30-án, Tabajdon született. A középiskolát Dunaújvárosban a Kerpely Antal Kohóipari Technikumban végezte, kohász tagozaton. 1962-től a székesfehérvári Könnyűfémű Prés- és Húzómű üzemében technikusként kezdett dolgozni. Később csoportvezető, hőkezelő technikus, húzóműi programozó, majd főművezető lett. Húzóműi főművezetősége alatt a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézetének munkatársai egy különleges cső gyártására kérték fel az üzemet. Munkatársaival együtt sikerült megvalósítani a nagy-szilárdságú, vékonyfalú cső gyártását.



Munka mellett tanult, 1972-ben a Bánki Donát Műszaki Főiskolán gyártástechnológus üzemmérnöki diplomát szerzett. 1972-ben munkatársaival Franciaországban tanulmányúton járt. 1974-től a Prémű gyáregység termelési vezetője, 1984-től a gyáregység műszaki vezetője, majd ismét termelési vezetője, 1988-tól 1993-ig a gyáregység vezetője volt. Aktívan részt vett a Z-3 prés rekonstrukciójában, a kezelőszemélyzet nyugat-berlini betanításában és a Prémű számítógépes termelésirányítási rendszerének bevezetésében. Munkájának elismeréséül ötször kapott Kiváló Dolgozó, 1982-ben miniszteri kitüntetést. 1993-ban a KÖFÉM privatizációja után az ALCOA-KÖFÉM Kft. Prémű üzletág termelési vezetője volt, 1995. október 6-ig. 1996-tól nyugdíjazásáig önálló vállalkozást folytatott az alumínium profilok kereskedelme területén.

Az OMBKE-nek 39 éve tagja.

■ NEKROLÓGOK

Dr. Oláh Zoltán 1945–2014



2014. március 29-én elhunyt dr. Oláh Zoltán okleveles kohómérnök, az Alcoa Köfém nyugdíjasa, tagtársunk.

Oláh Zoltán 1945. július 9-én Miskolcon munkás családban született. Szülővárosában végezte el a kohóipari technikumot. Itt mutatkozott meg a matematika és a műszaki tárgyak iránti vonzalma és tehetsége. Többször ért el kiváló eredményt országos tanulmányi versenyeken.

A Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett kohómérnöki diplomájával 1968-ban a Székesfehérvári Könnyűféműben helyezkedett el technológus mérnökként. A Könnyűfémű abban az időben élte fejlődésének virágkorát. Az újonnan létrehozott Központi Technológiai Kutató Laboratórium vezetője a tehetséges fiatal mérnöknek kutatómérnöki munkát ajánlott. Ezt elfogadva az átszervezések miatt a Fémipari Kutatóintézetben majd az Aluterv-FKI-nél dolgozott. Technológiai kutatásokat végzett, megírta és megvédte egyetemi doktori disszertációját, osztályvezetőként kutatómérnökök munkáját irányította.

Közben az ENSZ fejlesztési szervezetének megbízásából 1981–82-ben szakértőként dolgozott Irakban, Nassi-

riában. Szaktudásával az akkor alakuló iraki alumíniumipart segítette.

A 80-as évek derekán dr. Oláh Zoltánt a Székesfehérvári Könnyűféműbe hívták, a Műszaki Főosztály vezetőjének nevezték ki és a fejlesztések irányításával is megbízták. Ebben az időszakban irányította az új présműi termelésirányítási rendszer tervezését és bevezetését, valamint a hengerműben azt a komplex fejlesztési-beruházási projektet, aminek eredményeként a tuskósúlyt megkétszerezték.

Állást foglalt a privatizációt megelőző társadalmi vitákban, részt vett a szakértői egyeztetésekben. A privatizálás után évekig irányította és koordinálta az Alcoa Köfém és az anyavállalat szakemberei közötti műszaki együttműködést, a fejlesztési projektek tervezését és kivitelezését, majd nyugdíjazásáig szakértőként dolgozott. Nyugdíjas éveiben is gyakran vállalt szakértői munkát, kamatoztatva nagy szakmai tapasztalatát.

Búcsúzzunk dr. Oláh Zoltán kollégáinktól. Emlékét megőrizzük!

Gimesi Elemér

Dr. Oláh Zoltán temetése 2014. április 9-én, Székesfehérváron volt.

Horváth István 1942–2014



Hosszan tartó betegség után életének 72. évében június 1-jén elhunyt Horváth István, a Dunaferri Dunai Vasmű Részvénytársaság egykori elnök-vezérigazgatója, a magyar gazdaság egyik meghatározó egyénisége.

A Dunaferri Dunai Vasmű Részvénytársaság elnök-vezérigazgatójaként 1992-től 2001-ig töltötte be a társaság-csoport legmagasabb szintű pozícióját. Összesen harminchat évet dolgozott a Dunai Vasműnél, annak jogutódjánál, a Dunaferri-nél. Mindvégig fontosnak tartotta, hogy Magyarországon – a Dunaferri dominanciájával – az acélgyártás megmaradjon.

A Dunai Vasműnek 1963-ban lett az ösztöndíjasa, a Budapesti Műszaki Egyetem hallgatójaként a nyári szakmai gyakorlatait a vállalatnál töltötte, majd okleveles villamosmérnök végzettséggel villanszerelő fizikai dolgozóként 1966-ban került a meleghen-germő állományába, hogy azt követően az évtizedek során végigjárja a Dunai Vasmű ranglétráját. A lemezfeldolgozónál művezetőből üzemvezető, műszaki osztályvezető, műszaki vezető, majd gyáregységvezető a Dunai Vasmű fejlesztési igazgatójává történő kinevezéséig (1987). Vezérigazgató-helyettes, fejlesztési igazgató (1990–1991), 1991-től vezérigazgató. Elnök-vezérigazgatóként (1992-től) korszerűsített vállalati szervezeti struktúrával, piacképes termékszerkezettel, kiterjedt nemzetközi kapcsolatrendszerrel vezette át a társaság-csoportot a piacgazdaságba.

Kiváló kapcsolatot ápolt a hazai műszaki-gazdasági felsőoktatási intézményekkel, azok vezetőivel, meghatározó szerepet vállalt a Dunaújvárosi Főiskola önállósodásában. A térségfejlesztés stratégiai gondolkodójaként lett a „HÍD” Dunaújváros és Környéke Egyesület alapító tagja, s támogatta minden eszközzel az egyesület céljainak megvalósulását, többek között a Pentele-híd megépültét. A Magyar

Tudományos Akadémia Gazdasági Vezetők Albizottsága elnöki tiszte mellett elnöke volt a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés Igazgatótanácsának, a Vaskohászati Vállalatok Szakmai Szövetségének, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Vaskohászati Szakosztály Dunaújvárosi Szervezetének, valamint az Összefogás Dunaújváros és Térsége Fejlesztéséért Alapítványnak. Nemzetközi szinten részt vett az Eurofer munkájában.

A vállalat társadalmi felelősségvállalásában példaértékűen viszonyult a sport, a kultúra, az egészségügy támogatásához, miként partnerként kezelte a médiát. Vezetése alatt fontosnak tartotta az aktuálpolitikának a gyár kerítésein kívülre szorítását. A szakszervezetekkel, érdekvédelmi, érdekképviselői szervezetekkel együttműködő viszonyra törekedett.

Dunai Imre ipari minisztertől 1995-ben vehette át az Eötvös Loránd-díjat, Göncz Árpád köztársasági elnöktől pedig 1998-ban a Magyar Köztársaság Érdemrend tiszti keresztjét. Dunaújváros Megyei Jogú Város Önkormányzata 2002-ben Dunaújváros Díszpolgára címet adományozta neki. Az 1990-es évtized második legbefolyásosabb menedzserének választották. A Dunaferri Dunai Vasmű Részvénytársaság éléről való kényszerű távozását nem heverte ki, mély szomorúságot érzett az őt és vezetőtársait ért alaptalan támadások miatt. Visszaemlékezései „Időkerék” címmel 2006-ban jelentek meg a Technika Alapítvány gondozásában.

Horváth István hamvasztás utáni búcsúztatása a család kérésének megfelelően, a családtagok, a barátok és a közvetlen munkatársak jelenlétében június 16-án a kelenföldi Szent Gellért Plébániatemplomban volt.

Emlékét tisztelettel és fájó szívvel őrizzük!

Szente Tünde

Dr. Sapsal Vera, a Székesfehérvári Könnyűfémű volt munkatársa, életének 85. évében 2014. július 11-én elhunyt.

Temetése 2014. július 21-én, a Fiumei úti temető szóróparcellájában volt. Tagtársunk emlékét megőrizük.

TUDTA, HOGY A MISKOLCI EGYETEM...

... közel 300 éves múltú visszatekintő felsőoktatási intézmény?

Gyökerei 1735-ig, a selmecbányai Bányászati Akadémia, a világ első műszaki felsőoktatási intézményének alapításáig nyúlnak vissza, s az Akadémia jogutódjaként ma is őrzi hagyományait.

... 2010-ben „Kiváló Egyetem” címet kapott, és az országban elsőként megkapta a „Felsőoktatási Minőségi Díjat”?

... Műszaki Földtudományi Karán képeznek egyedül az országban bánya- és geotechnikai, előkészítés-technikai mérnököket, illetve olaj- és gázmérnököket?

... Műszaki Anyagtudományi Kara az anyagtudományi mérnökképzés bölcsője, de itt fejlesztették ki az űrkemencét is, melyből a NASA többet is rendelt kutatásaihoz?

... Gépészmérnöki és Informatikai Kara több mint 120 ipari vállalattal működik együtt, s az itt végzettek közül került ki többek között a Ford legújabb 1,6-os motorjának egyik vezető fejlesztője, illetve az amerikai űrsikló robotkarjának egyik tervezője is?

... Állam- és Jogtudományi Kara – Magyarországon egyetlenként – kétszeres „Kiválósági Hely” címet nyert el a Magyar Akkreditációs Bizottságtól, s hogy a jogi karok közül innen került ki a legtöbb alkotmánybíró?

... Gazdaságtudományi Kara a „Felsőoktatási Minőségi Díj” arany és ezüst fokozatával is rendelkezik?

... Bölcsészettudományi Kara a 2014-es HVG-rangsor szerint az oktatók kiválósága alapján az első helyen áll a hazai bölcsészkarok közül?

... Egészségügyi Kara a Műszaki Anyagtudományi Karral együttműködve a legújabb nanomedicinai kutatásokkal is foglalkozik?

... Bartók Béla Zeneművészeti Intézetének növendékei számos rangos magyar és külföldi fesztiválon szerepeltek, és szereztek elismerést?

... 2013-ban a BorsodChem-Wanhua cég és a kínai állam segítségével létrehozta a Konfuciusz Intézetet, amelyből mindössze három működik Magyarországon? Az intézetben az egyetem oktatói és hallgatói anyanyelvi tanárok segítségével ismerkedhetnek meg a kínai nyelvvel és kultúrával.



Szemelvények kohászatunk múltjából

Bodvaj (Magyarhermány, románul Herculian), Füle (románul Filia)

Udvarhelyszék legjelentősebb, mindmáig működő vasgyára a Hargita aljánál fekvő Szentkeresztbányán létesült (a BKL Kohászat 2010. évi 3. számában ismertették). Ezenkívül még két nevezetes vasmű volt a Baróti-hegységben.

Zakariás Antal csíkszentdomokosi bányavállalkozó a Magyarhermány északi határában álló Bodvaj hegyről jó minőségű vasércmintát kapott, ezért 1831-ben elhatározta, hogy vasbányát nyit, és a majdnem ezer méter magas hegy lábánál, a Köves-patak partján egy nyílt mellű, faszenes nagyolvasztót helyez üzembe. A kohó évente 6000 bécsi mázsá nyersvasat termelt, ennek nagy részét frisstüzes hámorokban acéllá dolgozták fel, mintegy 500 mázsából pedig öntvény (edény, üst, kályha, tűzhely) készült. A bánya és a vasgyár körül kialakult település is a Bodvaj nevet kapta. Zakariás a védőszentje tiszteletére Szt. Antal-kápolnát épített, amely búcsújáróhellyé vált.

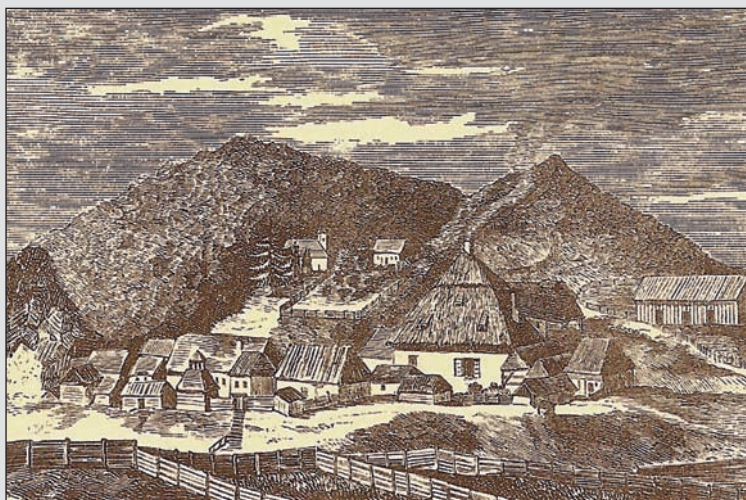
Bodvajtól nyugatra, a Kormos-patak völgyében fekvő Fülén a *Cserey Elek*, *Rauber Nándor* és *Boda Károly* által alapított társaság 1842-ben helyezett üzembe egy nagyolvasztót és frissítóművet. A vasércet a közeli Száldobos, Bacon és Rákos bányái szolgáltatták. A nyersvastermelés évi hatezer mázsát tett ki, ennek harmadrészből öntvényt gyártottak. Később hengermű is létesült.

Mindkét vasmű részt vett az 1848–49-es szabadságharc alatt a hadfelszerelés gyártásában. Amikor 1848 őszén Erdélyben már csak Háromszék állt ellen a császári csapatok nyomulásának, a Sepsiszentgyörgyön november 12-én tartott népgyűlésen *Gábor Áron* elvállalta, hogy megszünteti az ágyúk hiányát, így szólván: „Ha mához két hétre Sepsiszentgyörgy piacán hat ágyú nem lesz felállítva, és azokkal próbálövésnél célt nem találok, akkor én magam állok tíz lépésnyire az ágyú elébe céltáblának.” *Gábor Áron Kiss János* sepsiszentgyörgyi harangöntővel Bodvajban hatfontos ágyúcsöveket öntött. Három összeszerelt ágyút november 28-án sikeresen bemutatott, az első lövésre célt talált. Két nap múlva az ágyúkkal Hidvég előtt szétverték a *Heydte* kapitány parancsnoksága alatt álló osztrák alakulatot. A Bodvajban öntött ágyúcsövekből még két ágyút szereltek össze. Mivel a sürgősség miatt az öntvények köszörülésére nem volt idő, a kívül rücskös ágyúkat a nép „varas békáknak” nevezte. Az ágyúgolyókat Bodvajban és Fülén öntötték.

A bodvaji és fülei vasművet a császári csapatok decemberben feldúlták, de 1849 februárjában helyreállították, és ágyúgolyókat öntöttek. A későbbiekben ágyút már csak bronzból öntöttek Sepsiszentgyörgyön, majd Kézdivásárhelyen.

A fülei vasgyár a vasérc rossz minősége miatt veszteségesse vált, ezért 1856-ban eladták a Haber–Chotek–Fürstenberg konszernnek, három év múlva a Brassói Bánya- és Kohómű Rt. tulajdonába került. 1867-ben a fülei vasmű már üzemben kívül volt, hét évvel későbbi újraindítása sem járt eredménnyel, úgyhogy végleg megszűnt.

A bodvaji vasgyár többszöri tulajdoncserével, hosszabb-rövidebb szünetekkel a 19. sz. végéig működött, nyersvastermelése azonban 1868-ban már csak 2000 mázsát tett ki. Az 1971-ben helyreállított kohó ipartörténeti és – *Gábor Áron* révén – történelmi emlék.



A bodvaji vasgyár 1860 körül

 K. L.

Források:

Orbán B.: A Székelyföld leírása. I. k. Pest, 1868.

Vajda L.: Erdélyi bányák, kohók, emberek, századok. Bukarest, 1981.

Gábor L.: *Gábor Áron* (1814–1849). BKL Öntöde, 1985. 11. sz.

Cikkek szerzők szerinti csoportosítása

Vaskohászat

- Alpek Sándor – Fácán János – Lontai Attila – Polányi Tamás – Takács István:** Az acélbuga-izzítás körülményei és kapacitásának növelése a Dunaferriben2/5
- Farkas Ottó – Móger Róbert – Csepeli Zsolt – Magyar Zsuzsanna:** A nagyolvasztói fúvóforma-eróziós folyamatok körülményeinek vizsgálata3/1
- Májlínger Kornél – Szabó Péter János:** Ausztenites acél keményforrasztáskor fellépő szemcsehatármenti repedése....1/1
- Móger Róbert:** Átépítésre leállított nagyolvasztóban a kialakult tapadványok vizsgálata5-6/6
- Mucci András:** Alumíniummal csillapított acélszalagok nitríd-kiválási folyamatai a meleghengerlést követő technológiai műveletek során5-6/1
- Tardy Pál:** Az acélhulladék keletkezése és felhasználása: változó arányok1/6
- Tardy Pál:** Az Európai Bizottság és az acélipar: változó szemlélet3/7
- Varga Ottó – Konrad Krimpelstaetter:** Növelt hatékonyságú hengerreskenés az energiafogyasztás csökkentése és a termékválaszték bővítése céljából2/1

Öntészet

- Diaconu, Vasile-Lucian – Sjögren, Torsten – Skoglund, Peter – Diószegi Attila:** A molibdén hatása az öntöttvasak termomechanikus hőfárasztási tulajdonságaira1/13
- Gál György – Hatala Pál:** Szoboröntészeti kiállítás az Öntödei Múzeumban3/19
- Kerékgyártó József:** Harangöntés Egerben2/18
- Leskó Zsolt – Dül Jenő:** Az összetétel és a falvastagság hatása a nyomásos öntvények mechanikai tulajdonságaira.5-6/14
- Rick Tamás – Portörő Balázs:** A gyártmányfejlesztés jelentősége a FÉMALK Zrt.-ben2/12
- Thomas Pabel – Christian Kneissl – Jörg Brotzki – Jens Müller:** Nem csak környezetvédelmi előnyök – alumínium-öntvények tulajdonságainak javítása Inotec-magok használatával3/14
- Tóth Norbert:** Temperöntvénygyártás a KÜHNE Vasöntöde Kft.-ben5-6/18
- Walczer Csaba – Simcsák Attila – Gerber Hartmut:** Öntészeti szimulációs szoftver alkalmazása a KIENLE + SPIESS Hungary Kft.-nél robotöntvények gyártástechnológiájának kidolgozásában2/16

Fémkohászat

- Bereczki Péter – Verő Balázs – Janó Viktória:** Többtengelyű hidegalakítási kísérletek2/31
- Gál János:** Adalékok az INOTA és az alumínium 60 éve című cikkhez5-6/34
- Horváth János:** Az alumíniumelektrolízis technológiai fejlesztésének áttekintése és a globalizált alumíniumtermelés....3/24
- Kovács Sándor – Mertinger Valéria:** Huzalhúzási paraméterek komplex optimalizáló eljárásainak összehasonlítása ..1/27

- Szarka János:** Alumínium hideghengerlési hűtő-kenőolajok tulajdonságai5-6/26
- Szücs Zoltán:** INOTA és az alumínium 60 éve2/25
- Tranta Ferenc:** Öntött AlMnMg (3004) alumíniumötvözet vizsgálata a villamos ellenállás és a termoerő együttes mérésével1/22

Anyagtudomány

- Barkóczy Péter – Gyöngyösi Szilvia – Geiger János:** Fázisátalakulások során végbemenő csíráképződés dinamikájának szimulációja sejtautomata módszerrel1/39
- Dobránszky János:** Az értégitőbetétek anyagainak fejlődése5-6/44
- Kundrák János – Gyáni Károly – Pálmai Zoltán:** A felszíni réteg vizsgálata keményesztergált belső hengeres felületeken1/33
- Nagy Erzsébet – Mertinger Valéria – Benke Márton – Tranta Ferenc:** Fe-Mn-Cr acélok vizsgálata2/42
- Pataki Tibor – Lassú Gábor – Török Tamás:** Fémtermékek felületkezelése atmoszférikus nyomású plazmatechnikával5-6/49
- Szabó Péter János – Bereczki Péter:** Intenzív alakítási és hőkezelési folyamatok mikroszerkezetre gyakorolt hatásának értelmezése visszaszórtelektron-diffrakcióval3/42
- Tomolya Kinga:** Golyósmalomban örlött CuZr alapú ötvözetek szerkezetváltozásának vizsgálata5-6/58
- Verő Balázs:** Az ultrafinom szövetszerkezet kialakításának lehetséges útjai és ezek kapcsolatrendszere.....3/38
- Wladiczanski Ivett – Fodor Olivér – Dobránszky János:** A delta-ferrit meghatározása rozsdamentes acélokban2/38

Felsőoktatás

- Ferenczi Tibor – Harcsik Béla – Sárvári István:** A ME Metalurgia és Öntészeti Intézet vákuumindukciós kemencéjének korszerűsítő felújítása2/46
- Károly Gyula – Török Béla – Harcsik Béla:** Korszerű, új digitális jegyzetek készülnek a vaskohászati érdeklődésű kohómérnökök számára5-6/63
- Török Tamás:** Az ásványtan-kémia-kohászat felsőfokú oktatásának kezdete3/50

Hírmondó

- Balázs Tamás – Tardy Pál:** Interjú Skultéty Tamással, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. ügyvezető igazgatójával5-6/67
- Csath Béla:** 50 éves a Péch Antal-emlékérem4/48
- Fancsik Tamás:** A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet tevékenysége4/46
- Holoda Attila:** Palagázról közérthetően – nem csak környezetvédőknek.....4/35
- Liptay Péter:** Megemlékezés gróf széki Teleki Gézáról, az OMBKE alapító elnökéről4/44
- Pilissy Lajos:** A két egykori kohászati kutatóintézetéről... 3/53
- Réthy Károly:** Borpatak évezredes bányászata4/49

Közlemények

Vaskohászat

A Vaskohászati Szakosztály budapesti helyi szervezetének 2012. év végi programja.....	1/12
Szakmai kirándulás Dunaújvárosban	5-6/12
Tájékoztató a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés március 7-i üléséről	2/11
Tájékoztató a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés szeptember 26-i taggyűléséről	5-6/13
Topitzer Jánosra emlékeztek és a szerszámacélgártás fejlődését tekintették át	1/11

Öntészet

A Magyar Öntészeti Szövetség 2013. évi díjazottjai	3/22
A MÖSZ rendkívüli elnökségi ülése és 22. közgyűlése	3/21
A szakmánk él és fejlődik! Beszámoló a 22. magyar öntőnapokról	5-6/23
A világ öntvénytermelése 2011-ben	3/23
Alsó diffúzoros, argongázos átöblítés bevezetése a Magyarbet Bt.-nél	2/23
Egyesületi hírek	1/21, 2/24, 5-6/25
Korszerű mintakészítés – szakmai nap az M+M Kft.-nél ..	1/18
MÖSZ elnökségi ülés és elnökségi szakmai nap	1/19
Nemzetközi precíziós öntészeti napok – házigazda volt a Magyarbet	1/21
Szegeden megalakult az Öntészeti Szakosztály helyi szervezete	2/24

Fémkohászat

A Csepeli Fémű története	5-6/40
A Fémkohászati Szakosztály ünnepi vezetőségi ülése	2/37
Beszámoló a XIII. Fémkohászati Szakmai Napról	1/31
Dr. Becker Ervin, a magyar alumíniumkohászat alapítója ..	3/36
Emléktábla-avatás a volt Csepeli Féműben	5-6/40
Emléktábla-avatás Csepelen	3/33
Emléktábla-avató	5-6/42
Felhívás	1/32
Látogatás az ALUKO Kft.-nél	5-6/33
XIV. Fémkohászati Nap Miskolc, 2013. november 15	5-6/43

Anyagtudomány

Az ország egyik legkorszerűbb elektronmikroszkópja a Dunaújvárosi Főiskolán	3/47
Múzeumi hírek	2/45

Felsőoktatás

A BME Gépészmérnöki Kara előkelő helyen a World University Ranking listán	1/46
A FORR-ÁSZ-projekt előzményei és fontosabb adatai.....	2/51
A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei ..1/46, 2/50, 3/51, 5-6/66	
Áttörésre készülnek Dunaújvárosban	2/53
Az MTA Metallurgiai Bizottsága a kohómérnökképzés helyzetéről tanácskozott	1/43
Interneten elérhető friss tananyagok készültek a Metallurgiai és Öntészeti Intézetben	5-6/65
Jubileumi Technikus Találkozó	5-6/62

Sajtóközlemények a Miskolci Egyetemről 2013. május	3/48
Tanulmányút a brnoi FOND-EX Nemzetközi Kiállítás és Vásáron.....	1/44

Egyesületi hírmondó

15. Európai Bányász-kohász Találkozó Kassán	4/31
A 103. Küldöttgyűlés kitüntetettjei	4/16
A soproni egyetem tanárai 1949-ben	3/B4
Acélipari témák a Tudomány Hetén a Borovszky-év jegyében	1/50
Az OMBKE 203. május 24-étől érvényes alapszabálya	4/64
Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület 103. Küldöttgyűlése	4/2
Dalos emlékezés Salgótarjánban	1/52
Egyesületi hírek	4/53
Emlékek a Csepeli Féműből	5-6/B3
Emlékeztető az OMBKE 2013. március 26-án tartott választmányi üléséről.....	2/58
Emléktábla-avatás az egykori Csepeli Féműben	5-6/B4
Hazai hírek	4/34, 4/52, 4/59
Hétköznapi visszapillantások	2/57, 3/57
Jubileumi technikus találkozó augusztusban	2/60
Képek a 15. Európai Bányász-Kohász Találkozóról 4/B2, 4/B3	
Kivonatol emlékeztető az OMBKE 2013. október 8-i választmányi üléséről	5-6/72
Köszönetnyilvánítás	4/30
Köszöntés:	2/61

<i>Bak János</i>	5-6/72
<i>Clement Andor</i>	5-6/72
<i>Jakab Sándor</i>	5-6/73
<i>Szauter Ferenc</i>	3/64
<i>Szekeress István</i>	5-6/73
<i>Zámbó István</i>	5-6/73
Látogatás a Bombardier-nél.....	3/60
Meghívók, hirdetések	
.....	1/B3, 2/60, 2/B3, 3/64, 4/47, 4/B4, 5-6/76
Múzeumi hírek	3/63
Negyven éves a dunaújvárosi vas- és acélszobrászat	3/59
Nekrológ	2/64, 5-6/76
<i>Csehné Bozó Katalin (1948–2013)</i>	5-6/74
<i>Gál Zoltán (1928–2013)</i>	5-6/76
<i>Marosváry (Mikulecz) László (1918–2012)</i>	2/63
<i>Mézes Tibor (1946–2013)</i>	5-6/75
<i>Mokri Pál (1926–2013)</i>	2/64
<i>Molnár Nándor (1929–2011)</i>	1/53
<i>Szántai Lajos (1938–2012)</i>	1/56
<i>Dr. Sziklaváry Károly (1930–2012)</i>	1/55
<i>Theobald János (1921–2012)</i>	1/54
<i>Vata László (1932–2012)</i>	1/B3
<i>Vitányi Pál (1927–2012)</i>	2/62
Nemak szakmai nap a Miskolci Egyetemen	3/57
Névjegy	
<i>Pálovits Pál</i>	2/55
<i>Szabályár Péter</i>	1/47
Reneszánsz kori bányász-kohász-erdész emléktúra	3/60
Szemelvények kohászatunk múltjából	
A Murányi Uniótól a Rimamurány–Salgótarjáni Vasmű Rt.-ig	2/B4
Mecenéz	1/B4



Személyi hírek	4/47
Szent Hubertus- és Szent Borbála-emlékest Solton	1/51
Táblaavatás Csepelen az alumíniumkohók emlékére	3/B3
Tájékoztató az OMBKE Vaskohászati Szakosztály összevont beszámoló taggyűléséről	2/59

Tartalom és tárgymutató – 2012.....	2/I-IV
Új igazgató a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés élén.....	1/53
V. Ózdi Ipari Örökségvédelmi Konferencia	3/62
Védőszentjük előtt tisztelegtek az újbátori kohászok	1/51
XX. szigetközi szakmai napok	5-6/71

Betűrendes névmutató

Vaskohászat

Alpek Sándor	2/5
Csepeli Zsolt	3/1
Fáczán János	2/5
Farkas Ottó	3/1
Konrad Krimpelstaetter	2/1
Lontai Attila	2/5
Magyar Zsuzsanna	3/1
Májlínger Kornél	1/1
Móger Róbert	3/1, 5-6/6
Mucsi András:	5-6/1
Polányi Tamás	2/5
Szabó Péter János	1/1
Takács István	2/5
Tardy Pál	1/6, 3/7
Varga Ottó	2/1

Öntészet

Christian Kneissl	3/14
Diaconu, Vasile-Lucian	1/13
Diószegi Attila	1/13
Dúl Jenő	5-6/14
Gál György	3/19
Gerber Hartmut	2/16
Hatala Pál	3/19
Jens Müller	3/14
Jörg Brotzki	3/14
Kerékgyártó József	2/18
Leskó Zsolt	5-6/14
Portörő Balázs	2/12
Rick Tamás	2/12
Simcsák Attila	2/16
Sjögren, Torsten	1/13
Skoglund, Peter	1/13
Thomas Pabel	3/14
Tóth Norbert	5-6/18
Walczer Csaba	2/16

Fémkohászat

Bereczki Péter	2/31
Gál János	5-6/34
Horváth János	3/24
Janó Viktória	2/31
Kovács Sándor	1/27

Mertinger Valéria	1/27
Szarka János	5-6/26
Szücs Zoltán	2/25
Tranta Ferenc	1/22
Verő Balázs	2/31

Anyagtudomány

Barkóczy Péter	1/39
Benke Márton	2/42
Bereczki Péter	3/42
Dobránszky János	2/38, 5-6/44
Fodor Olivér	2/38
Geiger János	1/39
Gyáni Károly	1/33
Gyöngyösi Szilvia	1/39
Kundrák János	1/33
Lassú Gábor	5-6/49
Mertinger Valéria	2/42
Nagy Erzsébet	2/42
Pálmai Zoltán	1/33
Pataki Tibor	5-6/49
Szabó Péter János	3/42
Tomolya Kinga	5-6/58
Török Tamás	5-6/49
Tranta Ferenc	2/42
Verő Balázs	3/38
Wladiczanski Ivett	2/38

Felsőoktatás

Ferenczi Tibor	2/46
Harcsik Béla	2/46, 5-6/63
Károly Gyula	5-6/63
Sárvári István	2/46
Török Béla	5-6/63
Török Tamás	3/50

Hírmondó

Balázs Tamás	5-6/67
Csath Béla	4/48
Fancsik Tamás	4/46
Holoda Attila	4/35
Liptay Péter	4/44
Pilissy Lajos	3/53
Réthy Károly	4/49
Tardy Pál	5-6/67



Tárgymutató 2013

A, Á

acél	
–, ausztenites	2/42
– csillapítása	5-6/11
– forgácsolása	1/33
– forrasztása	1/1
– hengerlése	5-6/1
– hideghengerlése	2/1
– hőkezelése	2/5, 5-6/1
–, rozsdamentes	2/38
– szemcseszerkezete	3/42
acélbuga	2/5
acélhulladék	1/6
acélipar	3/7
alumínium	
– elektrolízise	3/24
– hengerlése	5-6/26
alumíniumöntés	2/12, 3/14
alumíniumötvözet	
– vizsgálata	1/22

B

bányászat	4/49
blokkánód	3/24

CS

csíráképződés	1/39
---------------	------

D

delta-ferrit	2/38
--------------	------

F

fázisátalakulás	1/39
felsőoktatás	3/50, 3/51, 5-6/63
felületkezelés	5-6/49
fémolvadék	
– kezelése	2/23
forgácsolás	1/33
forrasztás	5-6/49
fúvóforma	3/1

H

harangöntés	2/18
hidegalakítás	2/31, 5-6/26
hőfárasztás	1/13
hulladékgazdálkodás	1/6
huzalhúzás	1/27

I, Í

implantátum	5-6/44
-------------	--------

K

kemence	
–, vákuumindukciós	2/46
keményesztergálás	1/33
kenés	2/1, 5-6/26
képlékenyalakítás	1/27, 2/1, 2/31, 2/42, 3/38, 3/42

M

Magyarország(on)	
– acélipar	2/11
– alumíniumipar	2/12, 2/25
– kohászata	2625, 3/62
– öntészete	2/18, 2/46
martenzit	3/38
mechanikai őrlés	5-6/58
mintakészítés	1/18

N

nagyolvasztó	3/1, 5-6/6
– felújítása	5-6/6

O, Ó

oktatás	
– Magyarországon	3/50, 3/51, 5-6/63
OMBKE	4/1, 4/44, 4/46

Ö, Ő

öntés	
–, nyomásos	2/12, 5-6/14
öntészet(i)	3/23
– Magyarországon	1/21, 2/18
öntöttvas	
–, ötvözött	1/13
– vizsgálata	1/13
öntvehengerlés	2/25
öntvénytervezés	
–	2/12, 2/16, 3/14, 5-6/14

P

palagáz	4/35
plazmatechnika	5-6/49

R

repedésképződés	1/1
-----------------	-----

S

sajtolás	2/31
sejtautomata	1/39

SZ

szimuláció	2/16, 5-6/14
sztent	5-6/44

T

tapadvány	5-6/6
temperöntvény	5-6/19
termoerő	1/22
tolókemence	2/5

V

világgazdaság	1/6, 3/7
villamos ellenállás	1/22